

ESTUDI D'INUNDABILITAT PER A LA MODIFICACIÓ PUNTUAL DEL PLA GENERAL D'ORDENACIÓ URBANA DE CUBELLES PER A LA TRANSFORMACIÓ DELS SÒLS DE LA CENTRAL TÈRMICA



I MEMÒRIA I ANNEXES



Girona, abril de 2023
Lluís Gorgorió i Solà
Enginyer de Camins, Canals i Ports
Col·legiat núm. 6.990

ESTUDI D'INUNDABILITAT PER A LA MODIFICACIÓ PUNTUAL DEL PLA GENERAL D'ORDENACIÓ URBANA DE CUBELLES PER A LA TRANSFORMACIÓ DELS SÒLS DE LA CENTRAL TÈRMICA

ÍNDEX:

MEMÒRIA:

- 1.- INTRODUCCIÓ
- 2.- ANTECEDENTS
- 3.-OBJECTE
- 4.- ÀMBIT DE L'ESTUDI
- 5.- DOCUMENTACIÓ CONSULTADA
- 6.- L'ESPAI FLUVIAL
- 7.-CONCEPTES GENERALS
- 8.- UTILITAT D'UN ESTUDI D'INUNDABILITAT
- 9.- ZONIFICACIÓ DE L'ESPAI FLUVIAL
- 10.- LIMITACIÓ D'USOS
- 11.- METODOLOGIA EMPRADA. PERÍODES DE RETORN
- 12.- ANÀLISI DE CONQUES VESSANTS
- 13.- PLUVIOMETRIA
- 14.- ESTUDI HIDROLÒGIC
- 15.- CABALS DE CÀLCUL
- 16.- MODELS DIGITALS DEL TERRENY
- 17.- ESTUDI HIDRÀULIC
 - 17.1 Metodologia i descripció dels models hidràulics utilitzats
 - 17.2 Resultats dels models hidràulics
- 18.- DIAGNOSI DE LA SITUACIÓ ACTUAL
- 19.- PROPOSTES D'ACTUACIÓ I PROGNOSI DE LA INUNDABILITAT FUTURA
- 20.-CONCLUSIÓ

Annex núm. 1 PLUVIOMETRIA

Annex núm. 2 ESTUDI HIDROLÒGIC

Annex núm. 3 MODELS DIGITALS DEL TERRENY

Annex núm. 4 ESTUDI HIDRÀULIC

Annex núm. 5 LIMITACIÓ D'USOS A LES ZONES INUNDABLES

PLÀNOLS:

1. Situació, emplaçament i índex de plànols.
2. Topografia i àmbit d'estudi.
3. Ortofoto estat actual.
4. Ordenació urbanística prevista.
5. Model hidràulic. Model digital d'elevacions del terreny.
6. Model hidràulic. Malla de càlcul i condicions de contorn.
7. Model hidràulic. Usos del sòl. (MCSC CREAF v4)
8. Model hidràulic. Coeficients de rugositat n de Manning.
9. Avinguda T10, abast i calats màxims.
10. Avinguda T100, abast i calats màxims.
11. Avinguda T100, velocitats.
12. Avinguda T100, gravetat de la inundació.
13. Avinguda T500, abast i calats màxims.
14. Proposta de solució. Cotes d'urbanització i tancaments hidràulics.
15. Avinguda T500. Prognosi situació futura.

**ESTUDI D'INUNDABILITAT PER A LA MODIFICACIÓ PUNTUAL
DEL PLA GENERAL D'ORDENACIÓ URBANA DE CUBELLES PER A
LA TRANSFORMACIÓ DELS SÒLS DE LA CENTRAL TÈRMICA**

MEMÒRIA

ESTUDI D'INUNDABILITAT PER A LA MODIFICACIÓ PUNTUAL DEL PLA GENERAL D'ORDENACIÓ URBANA DE CUBELLES PER A LA TRANSFORMACIÓ DELS SÒLS DE LA CENTRAL TÈRMICA

MEMÒRIA

1.- INTRODUCCIÓ

Actualment s'està redactant la modificació puntual del Pla General d'Ordenació Urbana de Cubelles per a la transformació dels sòls de la central tèrmica. Aquesta modificació proposa bàsicament modificar la qualificació dels sòls anteriorment destinats als usos industrials-energètics (clau6) amb una nova clau que permeti usos logístics-industrials.

L'àmbit objecte d'aquesta modificació està situat al sud del terme municipal de Cubelles. Es tracta d'un àmbit discontinu que agrupa, per una banda, els terrenys on anteriorment s'hi situava la Central Tèrmica del Foix i per altra banda, quatre àmbits de menor dimensió que se situen al l'entorn de les vies del ferrocarril i la platja.

L'àmbit principal queda limitat al nord per la carretera C-31, a l'est per terrenys classificats en sòl no urbanitzable, al sud per les vies del Ferrocarril de Barcelona a Sant Vicenç de Calders i a l'oest pel polígon industrial Les Salines. Els quatre àmbits de menor dimensió, que completen la modificació, queden vinculats al primer. El més gran d'ells és una zona verda de protecció al nord de les vies del ferrocarril, els altres tres, queden distribuïts entre les vies del Ferrocarril i la platja de les Salines, i directament relacionats amb el Parc del Prat de Cubelles.

Aquest document urbanístic, en aquests moments, es troba en una fase inicial de la seva tramitació.

2.- ANTECEDENTS

L'àmbit afectat per la modificació puntual que es tramita, es troba en sòl urbà, sobre sòls on anteriorment s'hi situava la Central Tèrmica del Foix, qualificats com a "Zona Especial Centre Energètic" (clau 6), establint com a únic ús autoritzat el de central Termoelèctrica. Actualment s'ha procedit a la seva demolició i l'emplaçament es troba sense edificar.

Els àmbits de menor dimensió, es troben qualificats com a sistemes de Serveis Tècnics (clau E), situats a l'altra banda de les vies i a tocar de la Rambla de General Josep Moragues.

Respecte els usos de l'entorn urbà més immediat, a l'oest del carrer Vallespir consta d'activitats industrials (Polígon industrial Les Salines). Al sud de les vies del ferrocarril està format per unitats residencials plurifamiliars en tipologia contínua o aïllada, de planta baixa i dues o tres plantes pis, amb una gran zona verda central que connecta amb la Platja de les Salines (Parc del Prat de Cubelles).

A l'est de l'àmbit objecte de la modificació puntual, en sòl no urbanitzable, es un espai de parcel·les agràries, situades entre la carrereta C-31 i les vies del ferrocarril, i fins al riu Foix i la trama urbana del nucli de Cubelles. Al nord s'hi situa, envoltada de terrenys agrícoles, la urbanització La Solana formada per unitats residencials unifamiliars.

La modificació puntual del Pla -general d'Ordenació Urbana que es planteja, proposa:

- Modificar la qualificació dels sòls anteriorment destinats als usos industrials-energètics (clau6) amb una nova clau que permeti usos logístics-industrials.
- Modificar la qualificació dels sòls anteriorment destinats a sistema de Serveis Tècnics (clau E), situats al sud de les vies del ferrocarril i a tocar de la Rambla de General Josep Moragues, com a sistema d'Espais Lliures (Clau V).
- Resoldre l'accés a la nova activitat des de la Carretera Barcelona-Tarragona, minimitzant els efectes sobre la mobilitat actual i resolent la urbanització d'aquest vial d'estructura general del municipi. Amb l'actuació proposada, es resol aquesta connexió, alhora que es proposa donar-li continuïtat resolent també el problema actual d'impermeabilitat amb les vies del tren, aportant una connexió sota via.

3.-OBJECTE

El vigent marc legal en matèria urbanística (Llei i Reglament d'Urbanisme de Catalunya) i hidràulica (Llei d'aigües i Reglament del Domini Públic Hidràulic) i la normativa de rang inferior que se'n deriva, marquen, entre d'altres, com a una base fonamental del planejament urbanístic el correcte estudi i anàlisi dels fenòmens d'inundabilitat que poden afectar l'àmbit d'aquest planejament. Aquesta anàlisi cal portar-la a terme mitjançant un estudi d'inundabilitat.

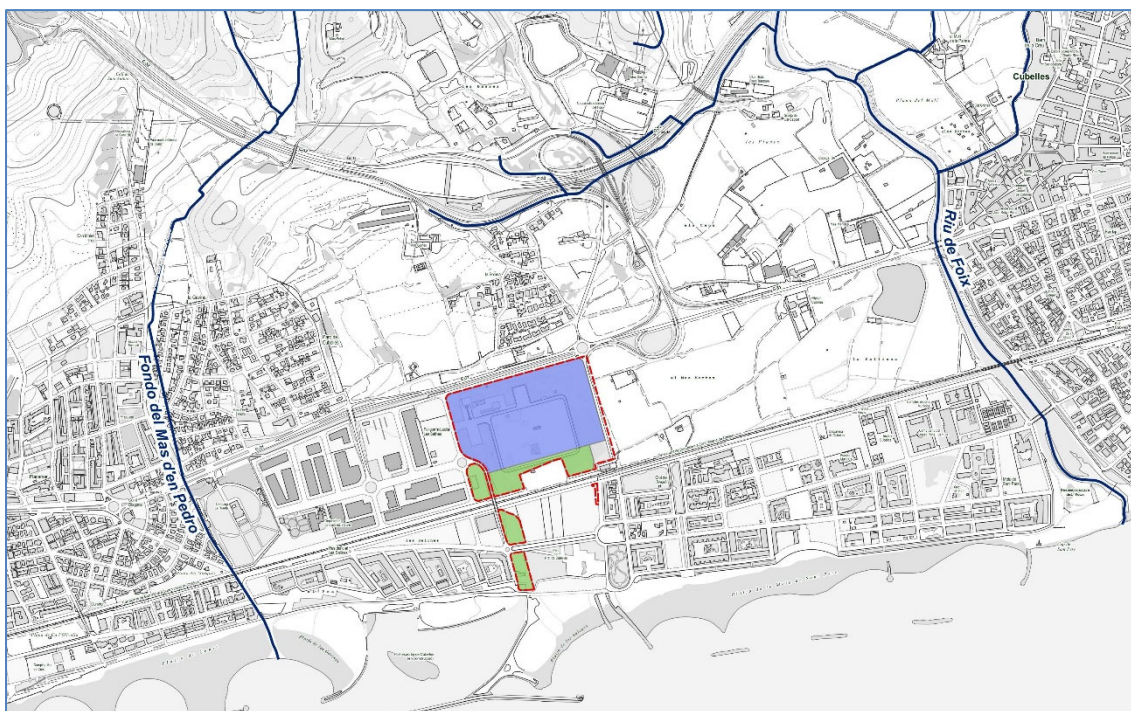
Resulta del tot evident que el disposar d'un estudi d'aquest tipus, convenientment valorat i informat per l'administració hidràulica competent (en el cas que ens ocupa l'Agència Catalana de l'Aigua), en les fases inicials de la redacció del planejament, ha de permetre que els treballs de redacció d'aquest planejament s'orientin de forma correcta i segura permetent una major seguretat i estalvi de temps i recursos en aquest àmbit.

L'objecte del present document és estudiar i analitzar la inundabilitat dels espais del municipi de Cubelles a l'àmbit dels sòls de l'antiga central tèrmica. Per portar a terme aquests treballs s'han seguit estrictament les directrius i criteris tècnics de l'Agència Catalana de l'Aigua, especialment els recollits en la seva GUIA TÈCNICA: Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local.

4.- ÀMBIT DE L'ESTUDI

A l'interior o a la proximitat immediata de l'àmbit d'aquest estudi no ens trobem cap llera ni curs fluvial.

En un entorn més allunyat ens trobem amb un seguit de lleres i cursos fluvials de diversa magnitud i importància.



Lleres situades a l'entorn de la zona d'estudi (font: ICGC i ACA)

Aquestes serien les següents:

- Fondo del Mas d'en Pedro, a l'oest del sector.
- Riu de Foix, a l'est.

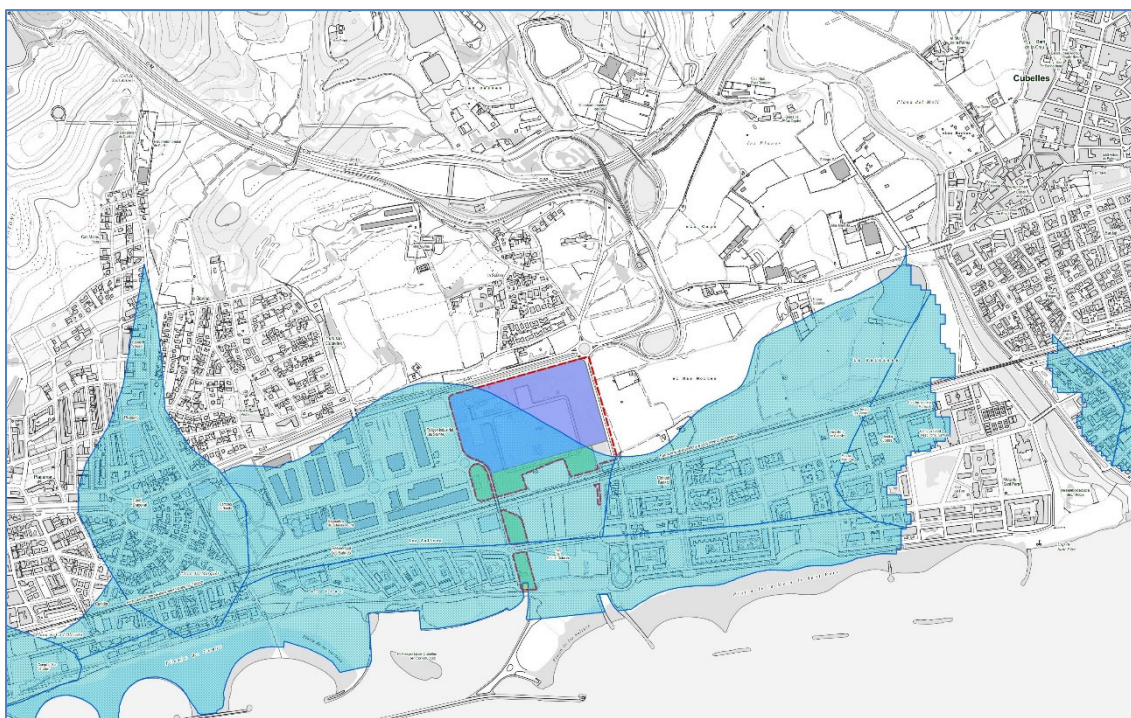
La inundabilitat derivada de la presència d'aquests cursos fluvials no afecta a la zona objecte d'aquest estudi.

L'Agència Catalana de l'Aigua, delimita com a zona potencialment inundable per criteris geomorfològics, un espai que afecta parcialment a la zona en estudi.

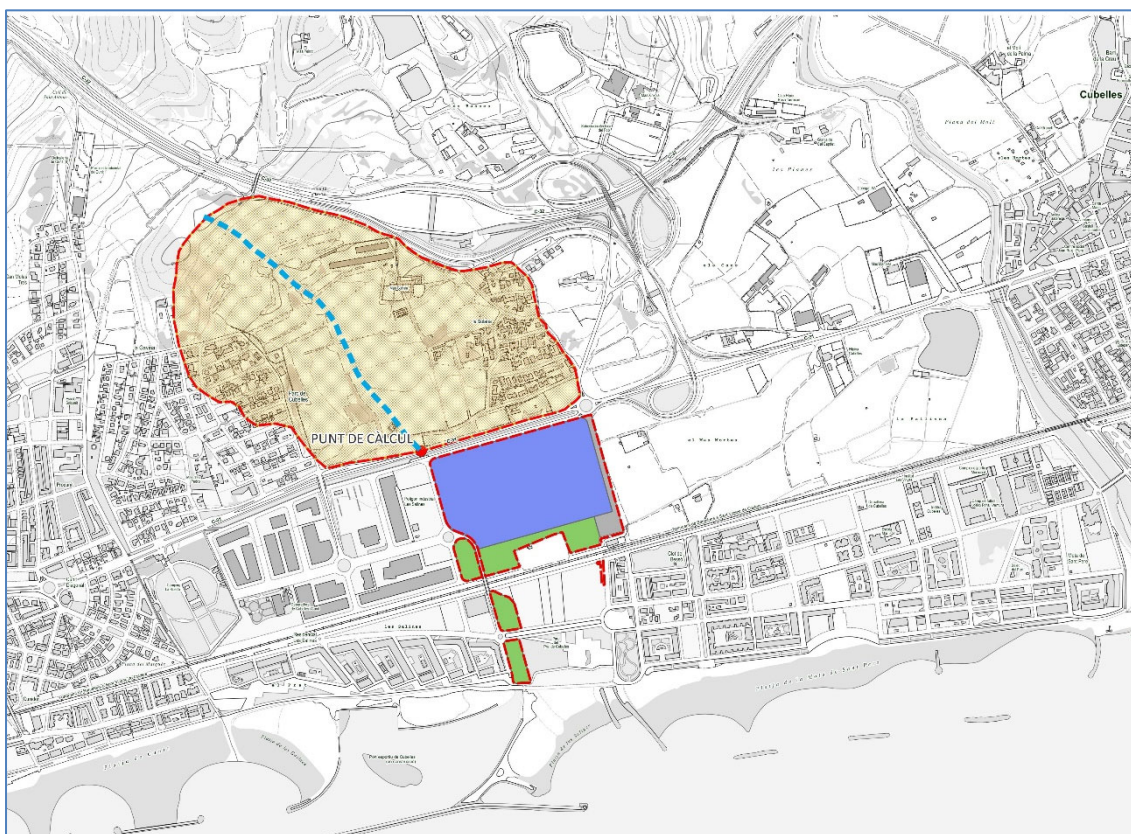
Una anàlisi acurada d'aquesta inundabilitat potencial posa de manifest l'existència, al nord del sector, a l'altre costat de la carretera C-31, d'una petita conca vessant de molt poca extensió (86.6 Ha).

Aquesta conca vessant no presenta cap llera que tingui característiques morfològiques com a tal, els escorrentius circulen de forma difosa en superfície, i es van acumulant al l'aiguafons central d'aquesta conca. Aquests escorrentius son interceptats per la cuneta de la carretera C-31 i es desguassen per una petita obra de drenatge transversal d'aquesta carretera. Aquesta obra de drenatge consisteix en un tub de 0.80 metres de diàmetre. El desguàs d'aquesta obra de drenatge es produeix a un tub de un diàmetre lleugerament superior connectat a la xarxa urbana de clavegueram.

Aquesta obra de drenatge és manifestament insuficient per desguassar els cabals generats en aquest punt per pluges amb períodes de retorn elevats, i per això les aigües d'escorrentiu d'aquesta petita conca circulen en superfície i poden arribar a afectar els sòls de l'antiga central tèrmica.



Zones potencialment inundables seguint criteris geomorfològics (font: ACA)



Conca vessant a l'àmbit d'estudi



Ortofoto en l'estat actual, amb delimitació de la zona d'estudi



Límit nord de l'àmbit d'estudi. Carretera C-31



Límit est de l'àmbit d'estudi. Camí



Límit sud de l'àmbit d'estudi.

Tot el recinte de l'antiga central tèrmica es troba encerclat per un tancament metàl·lic diàfan que compta amb una base d'obra de formigó d'una alçaria variable de l'ordre de 0.50 metres.

Els sòls de l'interior d'aquest recinte es troben deprimits i a cotes inferiors a les dels vials que l'envolten exteriorment.

La presència de la base d'aquest tancament perimetral provoca que les aigües d'escorrentiu que circulen de forma difosa per l'exterior del recinte no pugin accedir a aquest excepte per l'antic accés principal situat al carrer del Vallespir.



Accés principal a la zona des del carrer del Vallespir

Les aigües de pluja recollides a la petita conca vessant situada per damunt de la carretera C-31, no absorbides per la obra de drenatge existent, circulen de forma difosa en superfície, majoritàriament pel carrer del Vallespir i produeixen una situació com la de la següent imatge (correspon a la inundació corresponent a un període de retorn de 500 anys):



Circulació dels escorrentius en superfície i de manera difosa

Es pot apreciar que els escorrentius accedeixen a l'interior del recinte a través del carrer del Vallespir. Així mateix part d'aquest escorrentius accedeixen i s'acumulen a la zona verda situada a l'altre costat del mateix carrer.

Cal fer esment, que hem considerat que la capacitat hidràulica de la petita obra de drenatge de la carretera C-31 es nul·la, hipòtesi conservadora i realista atès que per a pluges extraordinàries com les del present estudi els materials arrossegats per l'aigua és més que probable que puguin obstruir-la totalment.

La modificació puntual del PGOU inclou també la previsió d'un vial amb un pas soterrat sota la via del ferrocarril. Aquest pas inferior se situaria a la part sud – est de l'àmbit principal del sector. Es vol fer constar expressament que el present estudi d'inundabilitat no inclou l'estudi del drenatge d'aquest pas inferior, estudi que haurà de ser objecte del corresponent projecte constructiu o d'urbanització.



Entrada OD sota carretera C-31



Cos OD carretera C-31 (tub 0.80 m de diàmetre)



Reixa d'entrada al Pou aigües avall OD



Pou aigües avall OD. Bifurcació.



Pou aigües avall OD. Connexió al drenatge urbà.

5.- DOCUMENTACIÓ CONSULTADA

Agència Catalana de l'Aigua:

Des de la pàgina web de descàrrega de dades, i dels servidors WMS i WFS de l'Agència Catalana de l'Aigua, s'han descarregat i consultat diverses dades, en diversos formats GIS, per a la zona en estudi.

Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya:

La totalitat de la informació cartogràfica en diferents formats i escales, ortofotos, plànols topogràfics, bases topogràfiques, models digitals d'elevacions del terreny, dades LIDAR, etc. S'han obtingut de l'àrea de descàrregues de la web de l'ICGC.

CREAF, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals:

La informació dels usos del sòl utilitzada en el present estudi prové del CREAL, específicament del Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya en la seva versió 4, MCSC-4, en format vectorial shapefile.

SMC, Servei Meteorològic de Catalunya:

La informació de les precipitacions màximes esperables a Catalunya per a diferents durades i diferents períodes de retorn, provenen del SMC.

Generalitat de Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat:

La informació corresponent a la situació urbanística dels sòls inclosos en les conques vessants de les lleres d'aquest estudi prové del Mapa urbanístic de Catalunya (MUC), mapa sintètic del planejament general que permet fer la lectura contínua de l'ordenació urbanística del país, resolent les diferències de codificació, llenguatge i representació que tenen els diferents plans urbanístics vigents en l'actualitat. Incorpora tots els expedients de planejament general vigents a 1 de juliol de 2018 en el territori de Catalunya, i els vigents a 1 de gener de 2018 a l'àmbit metropolità de Barcelona.

Normatives i recomanacions tècniques:

Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local (ACA 2003)

Recomanacions tècniques per al disseny d'infraestructures que interfereixen amb l'espai fluvial (ACA 2006)

Máximas lluvias diarias en la España peninsular (Ministerio de Fomento, Dirección General de Carreteras 1999)

Guía metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables (Ministerio de Medio Ambiente, y medio Rural y Marino. 2011)

6.- L'ESPAI FLUVIAL

L'Agència Catalana de l'Aigua defineix l'espai fluvial com la zona ocupada per la llera pública (el riu) i els terrenys de titularitat privada o pública que l'envolten i que integren el corredor biològic associat al riu, la vegetació de ribera i la zona inundable.

Per tant, és un concepte ampli, que té en compte no només el funcionament a nivell de desguàs dels cursos, si no també aquelles funcions que realitza com ecosistema i corredor biològic.

L'espai fluvial en el seu conjunt, i especialment dins les zones inundables, ha de ser considerat un àmbit territorial singular i diferenciat, que concentra una excepcional riquesa, acull funcions ecològiques de transcendència territorial i urbanística insubstituïbles per a l'equilibri ambiental del territori i, al mateix temps, susceptible de patir danys en persones o béns en episodis d'avingudes.

La regulació i limitació dels usos en aquests espais és una important eina de gestió del risc i reducció dels danys per inundacions.

La zonificació de l'espai fluvial ve regulada per normativa a diferents nivells:

Europa:

Directiva marc de l'aigua

Directiva d'avaluació i gestió del risc d'inundacions

Espanya:

La normativa hidràulica regulada pel Reial decret 849/1986, d'11 d'abril, d'aprovació del Reglament del domini públic hidràulic i modificat pel Reial decret 9/2008, d'11 de gener, i Reial Decret 638/2016, de 9 de desembre, pel qual es modifica el Reglament de Domini Públic Hidràulic aprovat per Reial Decret 849/2016, d'11 d'abril, el Reglament de Planificació Hidrològica, aprovat per Reial Decret 907/2007, de 6 de juliol i altres reglaments en matèria de gestió de riscos d'inundació, cabals ecològics, reserves hidrològiques i abocaments d'aigües residuals. de 23 de novembre.

Catalunya:

Decret 1/2017, de 3 de gener, pel qual s'aprova el Pla de gestió del districte de conca fluvial de Catalunya. Determinacions normatives, Capítol XI Gestió de l'espai fluvial.

Decret 380/2006, de 10 d'octubre, pel qual s'aprova el Reglament de la planificació hidrològica.

7.-CONCEPTES GENERALS

Una inundació és un fenomen natural no permanent, durant el qual una part del territori és ocupada temporalment per les aigües. El risc d'inundació tracta de mesurar la freqüència i la magnitud amb que es produeix aquest fenomen.

El concepte de risc, és àmpliament emprat, però en molts casos de forma incorrecta. Cal per tant aclarir aquest concepte que està format pel producte del perill i la vulnerabilitat:

El perill es defineix com el conjunt d'aspectes naturals, no socials, d'un fenomen que té incidència en el risc, és a dir, en el dany esperat. Té dues components relacionades:

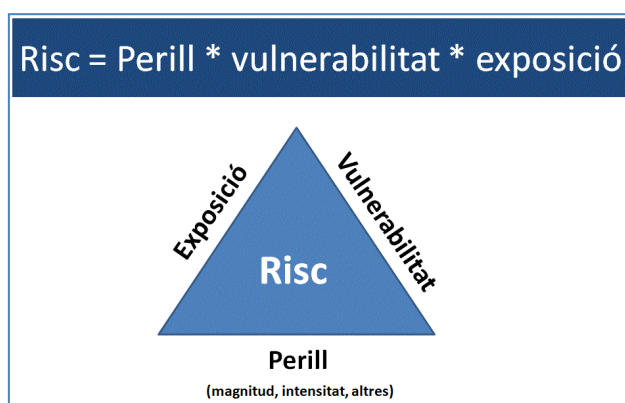
La intensitat amb la que es produeix una inundació, que és funció de les condicions d'aquesta, que ve definida per les característiques del flux, les quals es poden simplificar com una combinació del calat, la velocitat, el temps de permanència i la capacitat de transport.

La freqüència, que es defineix en general en base al concepte estadístic de la probabilitat d'ocurrència

La definició més habitual de freqüència d'una determinada inundació és la probabilitat de què en un any qualsevol, el cabal que la produeix es vegi superat almenys una vegada. La major part de les vegades es parla de període de retorn en anys, que és l'invers d'aquesta probabilitat d'excedència. És a dir, quan es diu que una canalització és capaç de contenir la inundació de 100 anys de període de retorn, significa que la probabilitat de què la canalització sigui insuficient almenys una vegada un any qualsevol és de 0,01.

Període de retorn del succés (anys)	Probabilitat de que el succés es produeixi 1 vegada en 1 any (%)	Probabilitat de que el succés es produeixi 1 vegada en 10 anys (%)	Probabilitat de que el succés es produeixi 1 vegada en 20 anys (%)	Probabilitat de que el succés es produeixi 1 vegada en 50 anys (%)
3	33	98	100	100
10	10	65	88	99
50	2	18	33	64
100	1	10	18	39
500	0*	2	4	10
Síntesi de la probabilitat d'ocurrència de diversos episodis en funció del número d'anys a tenir en compte. Font: Agència Catalana de l'Aigua				

La vulnerabilitat d'un element en front al perill d'una inundació és, la quantificació de com aquest es pot veure afectat (res, poc, molt o totalment), i és funció de les característiques de l'element (activitat, persona...) en una situació concreta i de la magnitud de la inundació



Components del risc. Font: Agència Catalana de l'Aigua.

D'altra banda, la magnitud de la inundació depèn de la quantitat de precipitació, de les característiques de la conca vessant al punt considerat (fonamentalment la seva mida i la capacitat d'infiltració del terreny), i finalment de les condicions de drenatge d'aquest punt concret, de tal manera que si la capacitat de drenatge és insuficient per a la magnitud dels cabals recollits per la conca vessant, es produeix una inundació. Per tot això, qualsevol punt del territori pot estar sotmès a una inundació amb major o menor

frequència. La diferència la trobarem en la magnitud de la inundació que es produeix. Així per exemple, el sistema de drenatge de pluvials de qualsevol ciutat es dissenya per a períodes de retorn baixos (o freqüències de presentació de cabals iguals o superiors al de disseny relativament altes): entre 2 i 25 anys de període de retorn. Tanmateix, a causa de la petita mida de les conques urbanes, la magnitud de les inundacions en les ciutats per insuficiència de la xarxa de col·lectors sol ser baixa.

El risc d'inundació pot estat modificat per l'home, tant positivament com negativament.

En el primer cas es tractarà d'infraestructures de defensa contra les revingudes que disminueixen el risc en major o menor mesura, però que mai seran capaços d'eliminar-lo completament. Aquesta disminució es pot aconseguir mitjançant la construcció de dics, motes, endegaments i canalitzacions, canals de derivació i preses o mitjançant actuacions extensives de correcció hidrològica i/o forestal a la conca vessant.

Per contra, el risc d'inundació pot veure's incrementat respecte de la situació natural original en les següents situacions:

- Canvis en la coberta vegetal de la conca vessant que incrementin l'escorrentiu produït per la precipitació.
- Disminució de la capacitat de desguàs d'un curs a causa de la seva ocupació total o parcial per edificis, terrenys agrícoles, ponts insuficients, guals, etc.
- Una vegada s'ha produït el desbordament, el moviment de l'aigua a la zona d'inundació no solament serà condicionat per la topografia del terreny, sinó també per actuacions humanes: des d'una de petita tanca fins a la posició de les edificacions o dels sistemes de drenatge transversal d'una carretera.

La violència d'una inundació pot produir la pèrdua de vides humanes i danys econòmics importants. Segons dades dels anuaris estadístics del Ministerio del Interior, en el període entre 1995 i 2020 han mort a Espanya 392 persones a causa de les inundacions. Pel que fa referència als danys materials aquests son molt elevats, estimant-se en uns 800 M€ anuals.

Precisament l'objectiu de les mesures de defensa contra les crescudes ha de ser disminuir l'impacte de les inundacions. Les mesures de tipus estructural ho fan disminuint el risc, però hi ha un altre conjunt de mesures no estructurals que disminueixen l'impacte disminuint la vulnerabilitat del territori. Algunes d'aquestes mesures no estructurals són: l'adequació de l'edificació i de les infraestructures, accions sobre l'ordenació territorial, polítiques d'assegurances, sistemes d'alerta, plans d'emergència i l'educació i informació de la població.

De fet, malgrat les grans inversions en mesures estructurals que s'han vingut realitzant al llarg del temps, l'experiència demostra que els danys s'han anat incrementant, per la qual cosa, les opcions no estructurals "toves" cobren una major rellevància.

8.- UTILITAT D'UN ESTUDI D'INUNDABILITAT

Existeix un risc d'inundació inherent a cada territori que és necessari analitzar, avaluar i preveure, gestionant el risc a efectes de mitigar els seus efectes i fer possible la reducció dels impactes a nivells acceptables.

El coneixement de les zones potencialment inundables esdevé un element clau per fer front al risc d'inundació i defugir-ne l'exposició, ja sigui a través de l'ordenació territorial o l'activació de mecanismes de gestió del risc (elaboració de plans d'emergència i intervenció posterior davant la manifestació del risc).

Algunes de les utilitats d'un estudi de riscos d'inundació en l'àmbit de l'ordenació territorial són:

- La seva superposició amb la zonificació dels usos actuals del sòl pot servir per a la determinació en una primera aproximació de les àrees amb major impacte en el territori.
- Determinació de zones del territori a on la normativa urbanística haurà de ser més exigent.
- Guia per a la distribució de futurs usos del sòl o activitats a nivell de planificació regional o municipal, evitant-se problemes d'inundacions més endavant.
- Com una capa d'informació més per a la determinació de l'aptitud potencial del territori per a cada ús.

El coneixement de les zones inundables hauria de servir com una peça més en el procés de decisió del traçat d'infraestructures i en el disseny dels seus sistemes de drenatge.

9.- ZONIFICACIÓ DE L'ESPAI FLUVIAL

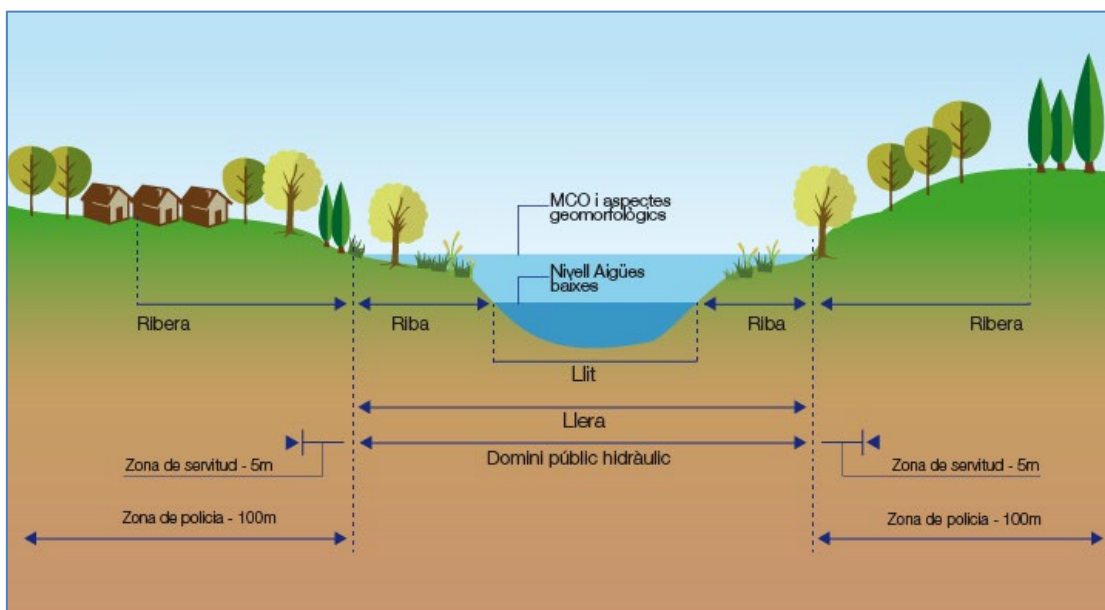
D'acord amb el recollit al vigent reglament del Domini Públic Hidràulic, els usos del sòl estan regulats en funció de l'àmbit específic de la zonificació de l'espai fluvial, en la que es diferencien les següents zones:

Mare o llit natural d'un corrent continu o discontinu és el terreny cobert per les aigües en les màximes crescudes ordinàries (article 4 del text refós de la Llei d'aigües). La determinació d'aquest terreny es fa atenent les seves característiques geomorfològiques, ecològiques i tenint en compte les informacions hidrològiques, hidràuliques, fotogràfiques i cartogràfiques que hi hagi, així com les referències històriques disponibles.

En els trams de llit on hi hagi informació hidrològica suficient, es considera cabal de la màxima crescuda ordinària la mitjana dels màxims cabals instantanis anuals en el seu règim natural, calculada a partir de les sèries de dades existents i seleccionant un període que ha d'incloure el màxim nombre d'anys possible i ha de ser superior a deu anys consecutius. Aquest període és representatiu del comportament hidràulic del corrent i en la seva definició s'han de tenir en compte les característiques geomorfològiques, ecològiques i referències històriques disponibles.

En els trams de llit en què no hi hagi informació hidrològica suficient per aplicar el paràgraf anterior, el cabal de la màxima crescuda ordinària s'ha d'establir a partir de mètodes hidrològics i hidràulics alternatius, i, en especial, a partir de la simulació hidrològica i hidràulica de la determinació de la mare fluvial o llit natural i tenint en compte el comportament hidràulic del corrent, les característiques geomorfològiques, ecològiques i referències històriques disponibles

Dins del llit natural, es poden distingir les riberes, s'entén per riberes les franges laterals de les lleres públiques situades per sobre del nivell d'aigües baixes.



Zonificació de l'espai fluvial. Font: Agència Catalana de l'Aigua

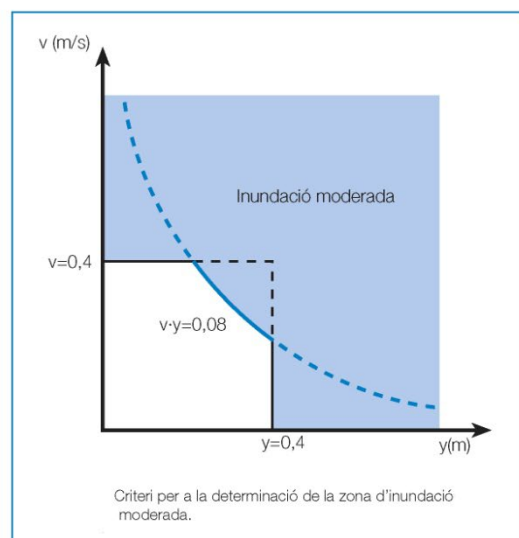
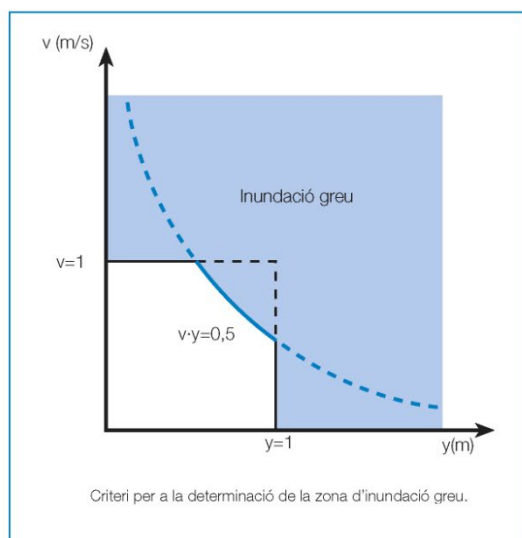
Zona de servitud de protecció del domini públic hidràulic: és la franja longitudinal de com a mínim 5,00 m d'amplada a ambdós marges que té per finalitat la protecció de l'ecosistema fluvial del domini públic hidràulic, el pas públic de vianants, i el desenvolupament dels serveis de vigilància, conservació i salvament.

Zona de policia consisteix en una franja de 100 metres d'amplada mesurats horitzontalment a partir del llit.

La zona de flux preferent és la zona constituïda per la unió de la zona o zones on es concentra preferentment el flux durant les avingudes, o via d'intens desguàs, i de la zona on, per a l'avinguda de 100 anys de període de retorn, es puguin produir greus danys sobre les persones i els béns, i el seu límit exterior queda delimitat mitjançant l'envoltant de les dues zones.

Als efectes de l'aplicació de la definició anterior, es considera que es poden produir greus danys sobre les persones i els béns quan les condicions hidràuliques durant l'avinguda satisfacin un o més dels criteris següents:

- a) Que el calat sigui superior a 1 m.
- b) Que la velocitat sigui superior a 1 m/s.
- c) Que el producte de les dues variables sigui superior a 0,5 m²/s.

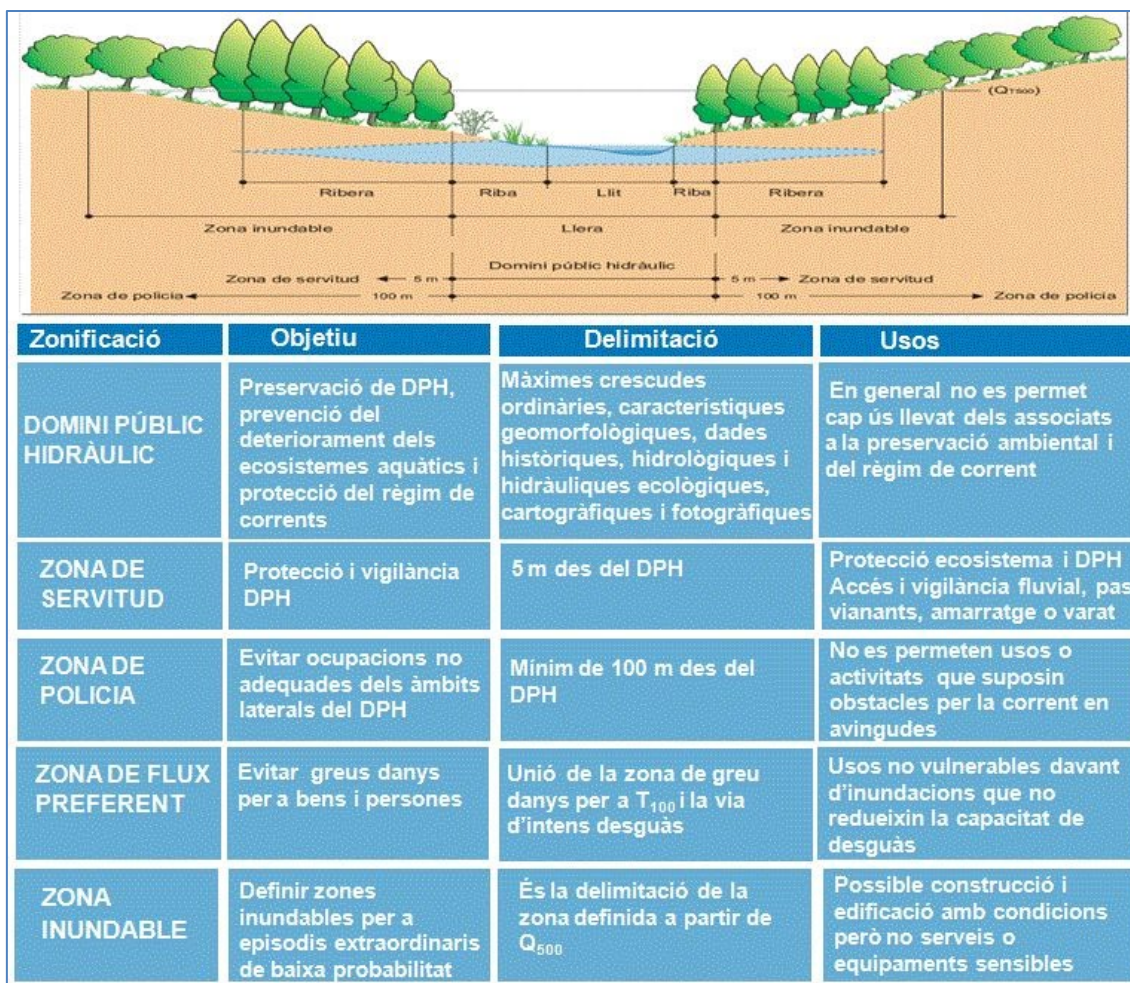


S'entén per via d'intens desguàs, la zona per la qual passaria l'avinguda de 100 anys de període de retorn sense produir una sobreelevació superior a 0,3 m, respecte a la cota de la làmina d'aigua que es produiria amb aquesta mateixa avinguda considerant tota la plana d'inundació existent. La sobreelevació anterior, a criteri de l'organisme de conca, es pot reduir fins a 0,1 m quan l'increment de la inundació pugui produir greus perjudicis o augmentar-se fins a 0,5 m en zones rurals o quan l'increment de la inundació produeixi danys reduïts.

En la delimitació de la zona de flux preferent s'ha d'utilitzar tota la informació d'índole històrica i geomorfològica existent, a fi de garantir la coherència adequada dels resultats amb les evidències físiques disponibles sobre el comportament hidràulic del riu.

Zona inundable. Es considera zona inundable els terrenys que puguin resultar inundats pels nivells teòrics que assolirien les aigües en les avingudes el període estadístic de retorn de les quals sigui de 500 anys, tenint en compte estudis geomorfològics, hidrològics i hidràulics, així com de sèries d'avingudes històriques i documents o evidències històriques d'aquestes en els llacs, llacunes, embassaments, rius o rierols. Aquests terrenys compleixen tasques de retenció o alleugeriment dels fluxos d'aigua i càrrega sòlida transportada durant les crescudes esmentades o de resguard contra l'erosió. Aquestes zones s'han de declarar en els llacs, llacunes, embassaments, rius o rierols.

La qualificació de zones inundables no altera la qualificació jurídica i la titularitat dominical que aquests terrenys tenien.



Esquema de la zonificació de l'espai fluvial, font ACA.

10.- LIMITACIÓ D'USOS

D'acord amb el recollit a la normativa europea, un dels objectius prioritaris de la gestió del risc d'inundació és evitar l'increment de risc d'inundació existent, per això els usos del sòl a les zones inundables han de ser, en la mesura del possible, compatibles amb les inundacions.

La Llei d'Aigües i el Reglament del Domini Públic Hidràulic (RDPH) defineixen i regulen les zones associades a la llera dels rius i les limitacions d'usos en aquestes zones, mitjançant la identificació dels usos i activitats vulnerables a les inundacions.

Les limitacions imposades pel RDPH s'estableixen en funció de la situació bàsica en que es trobi el sòl d'acord amb l'establert al Real Decreto Legislativo 7/2005 pel qual s'aprova el text refós de la Ley del Suelo y Rehabilitación Urbana: sòl urbanitzat i sòl rural.

La perillositat en front de les inundacions, en funció de la zona on es desenvolupi l'ús o l'activitat

Zona de Flux Preferent (ZFP): limitacions dels usos vulnerables o que representin una disminució de la capacitat de desguàs

Zona Inundable (ZI): criteris constructius per a les edificacions d'habitatges i recomanacions de seguretat per els altres usos.

S'estableix, també, un règim especial per municipis que tinguin més d'una tercera part del seu territori dins de la Zona de Flux Preferent.

Aquestes limitacions s'estableixen als articles 9, 9 bis, 9 quàter, 14 i 14 bis del Reglament del Domini Públic Hidràulic.

A l'annex núm. 5 del present estudi es recull un resum d'aquestes regulacions.

Tanmateix les Comunitats Autònomes poden establir normes addicionals en funció de les seves competències en matèria d'ordenació del territori. En el cas de Catalunya, bàsicament són la Llei d'Urbanisme i el seu Reglament.

11.- METODOLOGIA EMPRADA. PERÍODES DE RETORN

El present treball s'ha portat a terme utilitzant mètodes hidrològics i hidràulics. A partir de les dades de precipitació esperables a la zona, i dels paràmetres hidrològics i morfològics de les conques vessants s'han avaluat els hidrogrames i els cabals punta d'avinguda per a cada un dels períodes de retorn considerats, que en aquest cas han estat els de 10, 100, i 500 anys.

Una vegada determinats els cabals d'avinguda i per cada període de retorn, s'han estudiat, mitjançant models hidràulics numèrics, les variables hidràuliques significatives (calats, velocitats, abast de les diferents zones inundables) dels trams en estudi. Aquests models numèrics, incorporen la geometria (topografia) de la zona, les condicions de contorn hidràuliques, i de rugositat.

La zona d'estudi es caracteritza per ser bastant planera, amb una llera molt petita i poc definida en força trams, el que provoca que quan es produeix el fenomen del desbordament, el flux es difumina per la plana d'inundació. Per aquest motiu s'ha considerat escaient la utilització d'un model numèric bidimensional. Concretament s'ha utilitzat el model HEC RAS, en la seva darrera versió (6.3.1).

Mitjançant aquest procés s'ha caracteritzat la situació d'inundabilitat en situació actual.

Posteriorment s'ha analitzat la compatibilitat dels usos previstos al planejament amb la situació d'inundabilitat en situació actual i s'han estudiat les mesures correctores possibles per fer possible aquesta compatibilitat.

Amb la geometria del terreny en situació futura (terreny actual + mesures correctores) s'ha elaborat un nou model hidràulic que permet fer una prognosi de la situació futura prevista i garantir la compatibilitat entre el risc d'inundació i el planejament proposat.

Cal recordar, que com ja s'ha esmentat anteriorment, hem considerat que la capacitat hidràulica de la petita obra de drenatge de la carretera C-31 es nul·la, hipòtesi conservadora i realista atès que per a pluges extraordinàries com les del present estudi els materials arrossegats per l'aigua és més que probable que puguin arribar obstruir-la totalment.

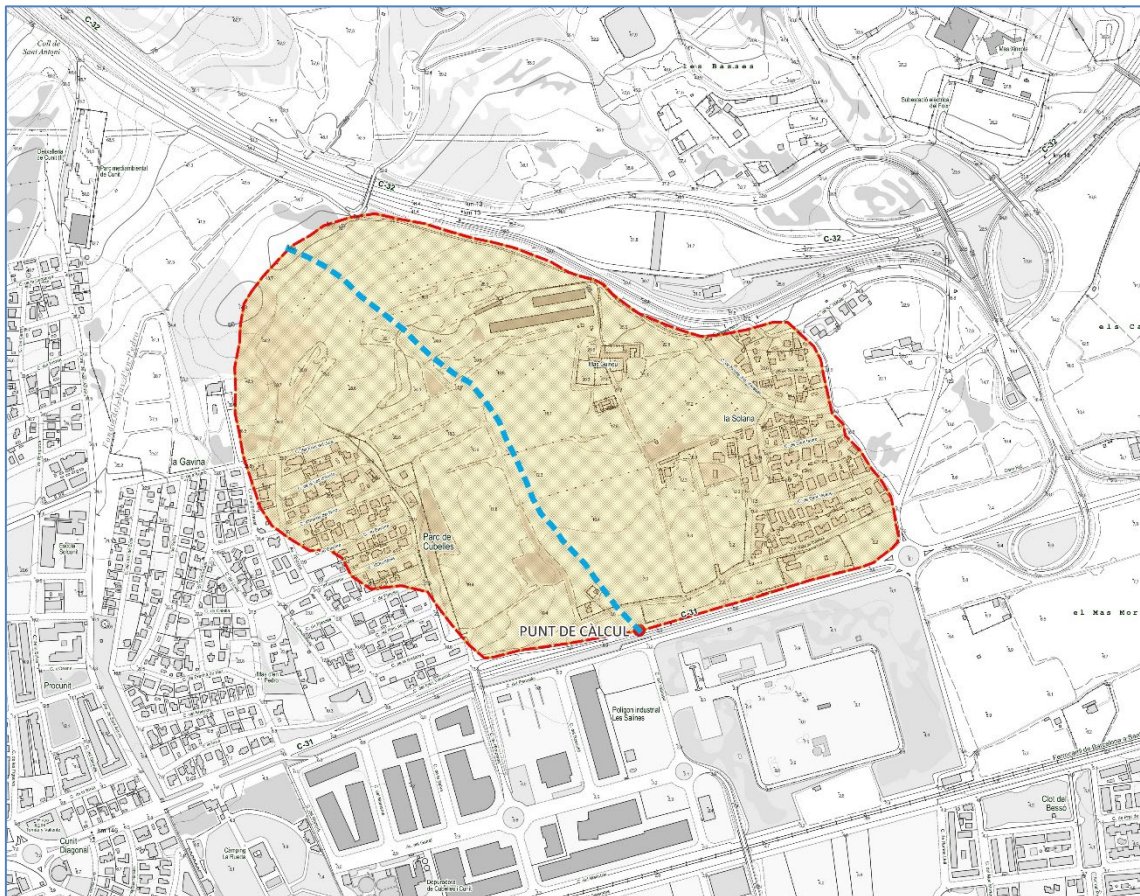
12.- ANÀLISI DE CONQUES VESSANTS

A partir dels trams de llera que ens interessa modelar, s'han identificat els punts en què ens interessa la determinació acurada de les seves conques vessants associades, per tal d'avaluar correctament els cabals màxims que s'hi poden concentrar.

Per tal de delimitar la conca vessant associada a cada un dels punts de càlcul, hem utilitzat eines GIS que implementen algoritmes per la delimitació de les divisòries i corrents a partir del model del terreny.

La informació bàsica de partida per a la delimitació de les conques vessants és el model digital d'elevacions del terreny. En aquest cas hem utilitzat el model digital d'elevacions de Catalunya, de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, en format ràster i amb unes mides de cel·la de 5 x 5 m. Aquestes mateixes eines han servit per determinar la xarxa de drenatge i les dades morfològiques per al càlcul del temps de concentració de la conca vessant.

En les següents imatges es recullen alguns aspectes significatius de la conca considerada en aquest estudi.





Conca vessant.



Capçalera de la conca vessant



Capçalera de la conca vessant

Quadre resum de les característiques morfològiques i hidrològiques de la conca vessant, justificades i analitzades a l'estudi hidrològic (annex 2):

Morfologia de la conca:	
llargada del curs principal (km)	0.866
pendent mitjà del curs principal (m/m)	0.055
superfície de la conca (km ²)	0.531
Estimació inicial de Po (mm) (sense el coef. corrector regional 1.3)	61.24
Temps de concentració (hores)	0.30
Tipus de conca:	urbanitzada
grau d'urbanització (km ² /km ²)	0.161

13.- PLUVIOMETRIA

La dada de precipitació habitualment disponible és la precipitació diària Pd, associada a un període de retorn T. El hietograma de la pluja de projecte, per a cada període de retorn considerat, es construirà a partir d'aquest valor.

Per a l'estimació de la precipitació total de la tempesta, utilitzem les dades de precipitacions màximes esperables a Catalunya en 24h i per a períodes de retorn de 10, 100, i 500 anys que facilita el Servei Meteorològic de Catalunya,

A l'annex núm. 1 d'aquest estudi, es recullen les dades de pluviometria utilitzades en aquest estudi, així com la seva anàlisi i tractament.

El resum d'aquestes dades de pluviometria, és el següent:

Pluviometria (dades del SMC)		
T (anys)	Prec. 24 h (mm)	Prec. 1 h (mm)
10	98.72	50.89
100	142.10	73.26
500	172.21	88.78

14.- ESTUDI HIDROLÒGIC

A l'annex número 2 del present estudi es presenten les dades bàsiques, hipòtesis i resultats de l'estudi hidrològic efectuat, el qual té per finalitat la determinació dels cabals d'avinguda en els punts d'interès de les lleres en l'àmbit d'estudi, per tal que aquests valors de cabals serveixin per als estudis hidràulics posteriors.

Al no existir estacions d'aforament a les conques afectades pel present estudi, no disposem de sèries de cabals màxims anuals, i no podem, per tant, emprar mètodes estadístics en la determinació dels cabals màxims d'avinguda.

Seguint les recomanacions de l'Agència Catalana de l'Aigua, per la determinació d'aquests cabals emprarem els mètodes anomenats hidrometeorològics, mètodes que simulen el procés pluja-escorrentiu mitjançant procediments deterministes. Les dades requerides són fonamentalment pluviomètriques, per tant s'aprofiten de la major longitud i densitat de la xarxa pluviomètrica respecte de la foronòmica.

Una de les principals hipòtesis de sortida dels mètodes hidrometeorològics habitualment emprats, és que una avinguda amb un determinat període de retorn es correspon a un succés plujós amb el mateix període de retorn.

Per a la modelització hidrològica de la conca objecte d'aquest estudi, utilitzarem l'anomenat Mètode Racional.

D'acord amb les recomanacions de l'Agència Catalana de l'Aigua, aquest mètode és aplicable si es donen les següents condicions:

- La superfície de la conca S no ha de superar els 1.000 km².
- La conca ha de ser predominantment rural.
- El temps de concentració T_c no ha de ser inferior a les 0,25 hores ni superior a les 24 hores.

14.1 Llindar d'escorrentiu.

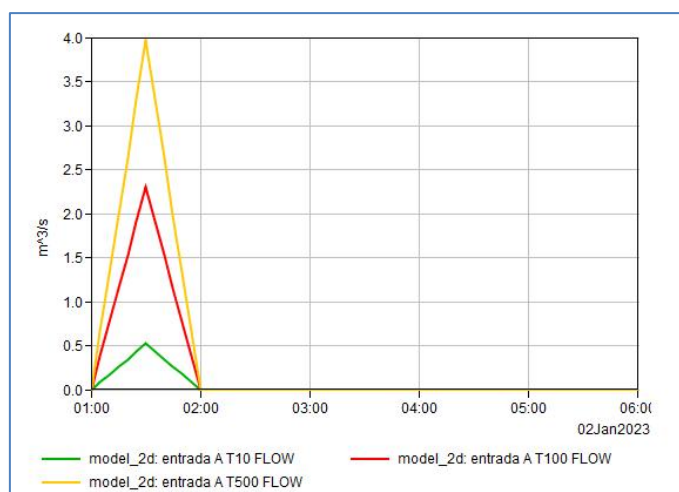
El valor del paràmetre Po, determinant per a l'avaluació del coeficient d'escorrentiu, s'obté a partir dels usos del sòl, el pendent del terreny i el grup hidrològic del sòl. A l'annex d'hidrologia del present estudi es descriu i justifica la metodologia utilitzada per la seva determinació.

15.- CABALS DE CàLCUL

Els valors dels cabals resultants de l'estudi, introduïts als models hidràulics, són per a cada període de retorn els del quadre següent:

T	Qp
(anys)	(m ³ /s)
10	0.52
100	2.30
500	3.96

Els models hidràulics utilitzats en l'estudi de la inundabilitat, tant en el estat actual com en el previst a la proposta de planejament, són models bidimensionals en règim no permanent, aquests models requereixen com a dada d'entrada un hidrograma de cabal. Per tant hem considerat uns hidrogrames de càlcul del tipus triangular, amb una durada total d'una hora, i amb el valor punta centrat i corresponent al valor de cabal màxim obtingut amb el mètode racional:



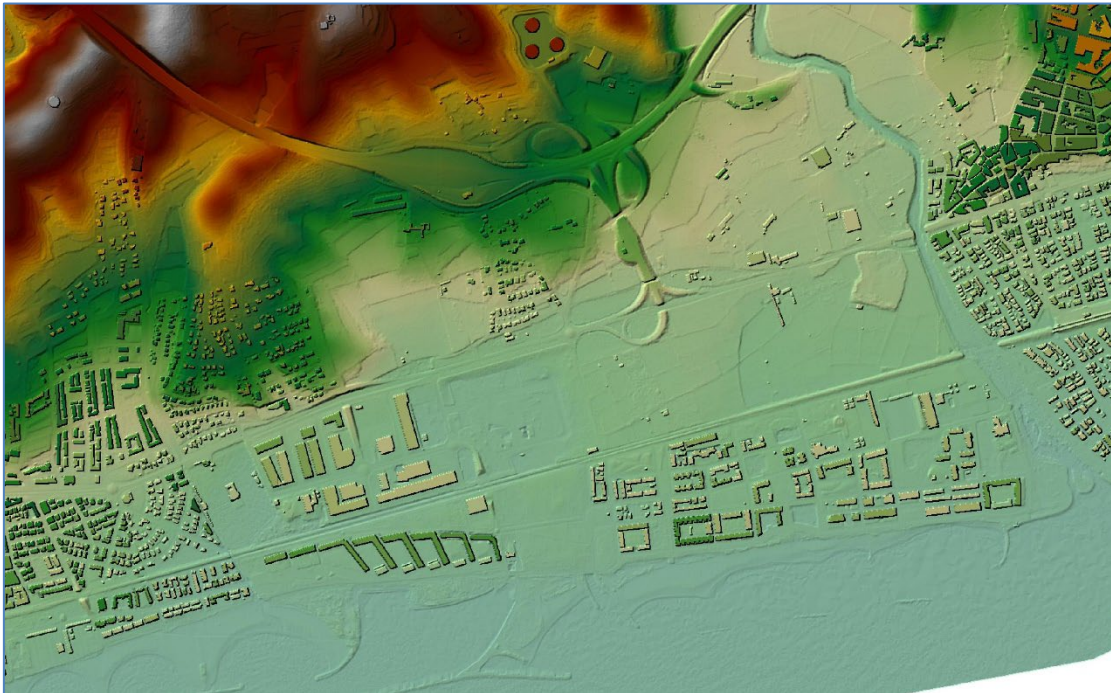
16.- MODELS DIGITALS DEL TERRENY

En el present estudi s'han utilitzat diversos models digitals del terreny, de diferents resolucions, en funció de la finalitat a la que es destinen.

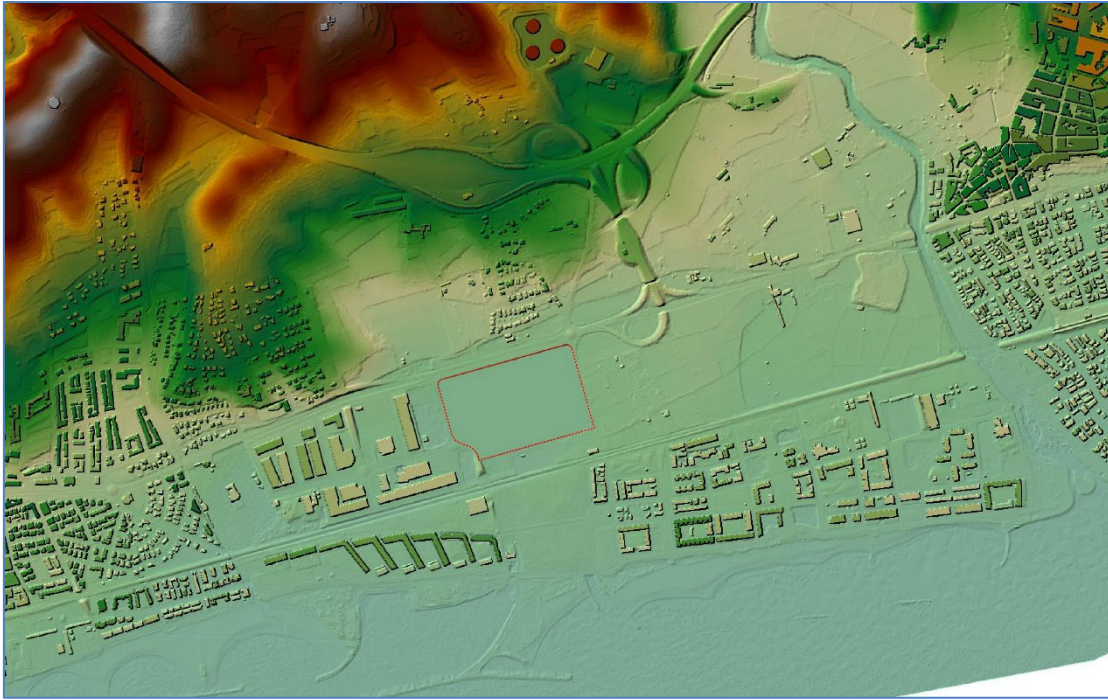
Per a l'estudi hidrològic, determinació de conques vessants, definició dels camins preferents de drenatge, determinació de característiques geomorfològiques i anàlisi dels coeficients d'escorrentiu, s'han emprat el models digital del terreny de 5x5 metres de malla de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

Per a la definició de la geometria dels models hidràulics s'han emprat dos models digitals del terreny, un per a definir la geometria del terreny en la situació actual, i un altre per a la prognosi de la inundabilitat en situació futura. Ambdós models parteixen i tenen com a base el model digital d'elevacions de l'ICGC de pas de malla 2x2 m i la informació de detall provinent de l'aixecament topogràfic de detall portat a terme expressament per aquest estudi. Per al model en la situació futura s'han considerat i introduït al model les modificacions proposades per a compatibilitzar la proposta d'ordenació amb el risc d'inundació.

A l'annex núm. 2 del present estudi es descriu amb detall la metodologia emprada en la elaboració d'aquests models digitals del terreny.



DTE 2x2 en l'estat actual



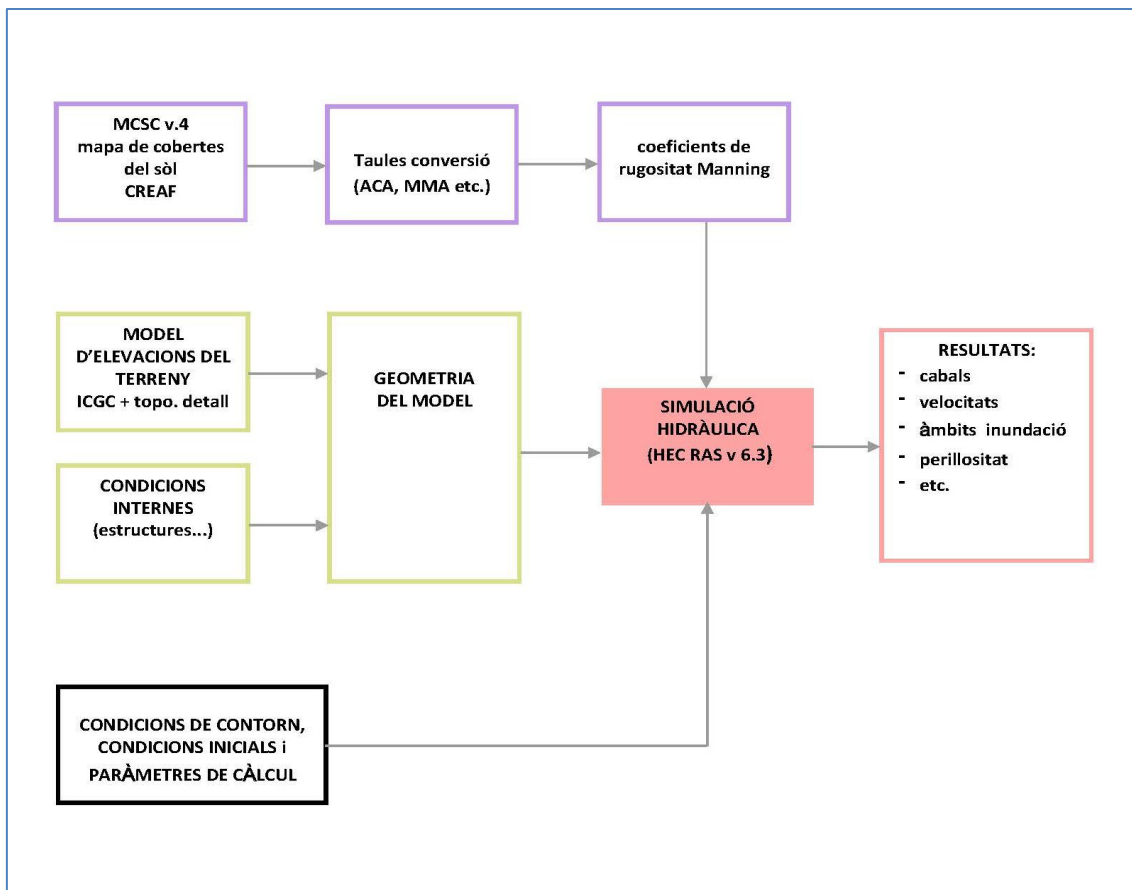
DTE 2x2 en la situació futura prevista (prognosi)

17.- ESTUDI HIDRÀULIC

17.1 Metodologia i descripció dels models hidràulics utilitzats.

La metodologia seguida en el present estudi consisteix en simular el comportament hidràulic del corrent en les actuals condicions de la llera i dels terrenys dels marges. Aquesta simulació es porta a terme per als cabals previstos per les avingudes amb període de retorn de 10, 100 i 500 anys. Amb aquestes simulacions s'obtenen els valors de la cota de la làmina d'aigua, i altres paràmetres hidràulics del corrent, podent-se determinar per tant, a partir d'aquí, l'abast de les zones inundades per a les avingudes amb els períodes de retorn considerats. Combinant els valors dels calats amb els corresponents valors de la velocitat, s'obtenen els valors de la gravetat de la inundació.

Motivada per la morfologia de la zona en estudi, amb relleus molt planers i sense la presència d'una llera definida, es produeix una situació de flux difós. Aquesta situació només es pot modelar correctament amb models hidràulics bidimensionals.



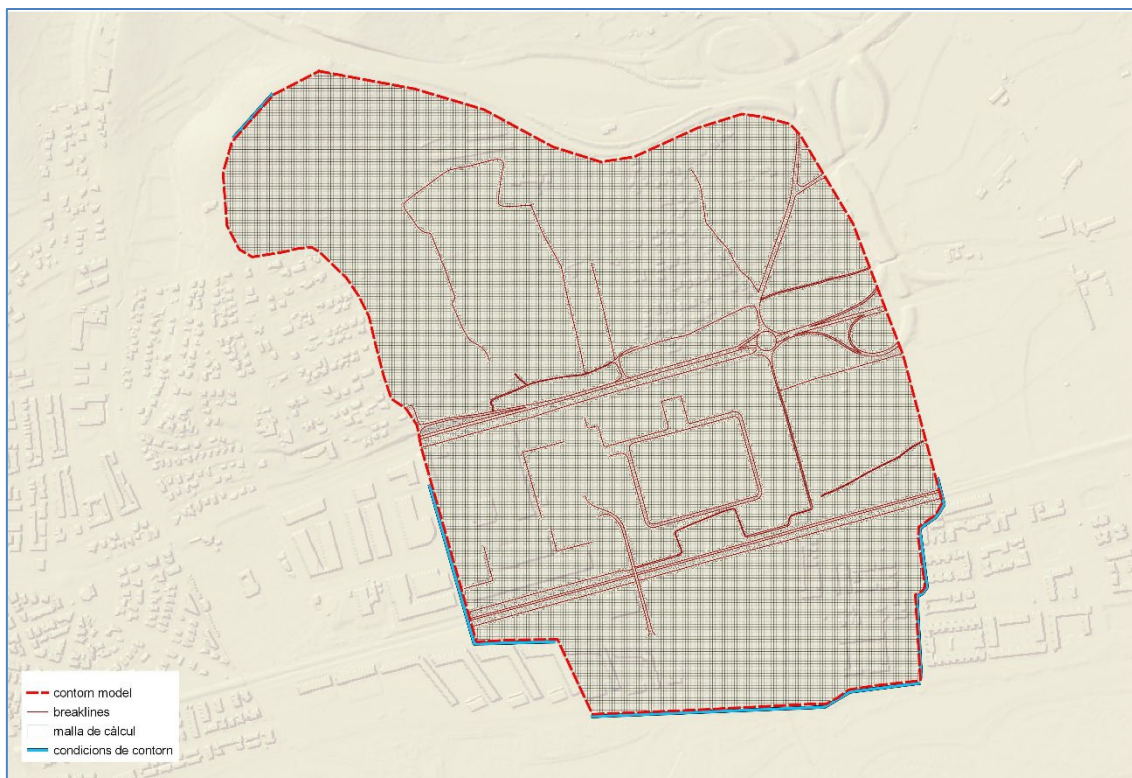
Esquema del procés de definició del model hidràulic

El model matemàtic que s'ha utilitzat per a simular el comportament hidràulic de les lleres és el que presenta el programari **HEC-RAS** "River Analysis System" en la seva versió **6.3.1**, desenvolupat per l' Hidrological Engineering Center, US Army Corps of Engineers.

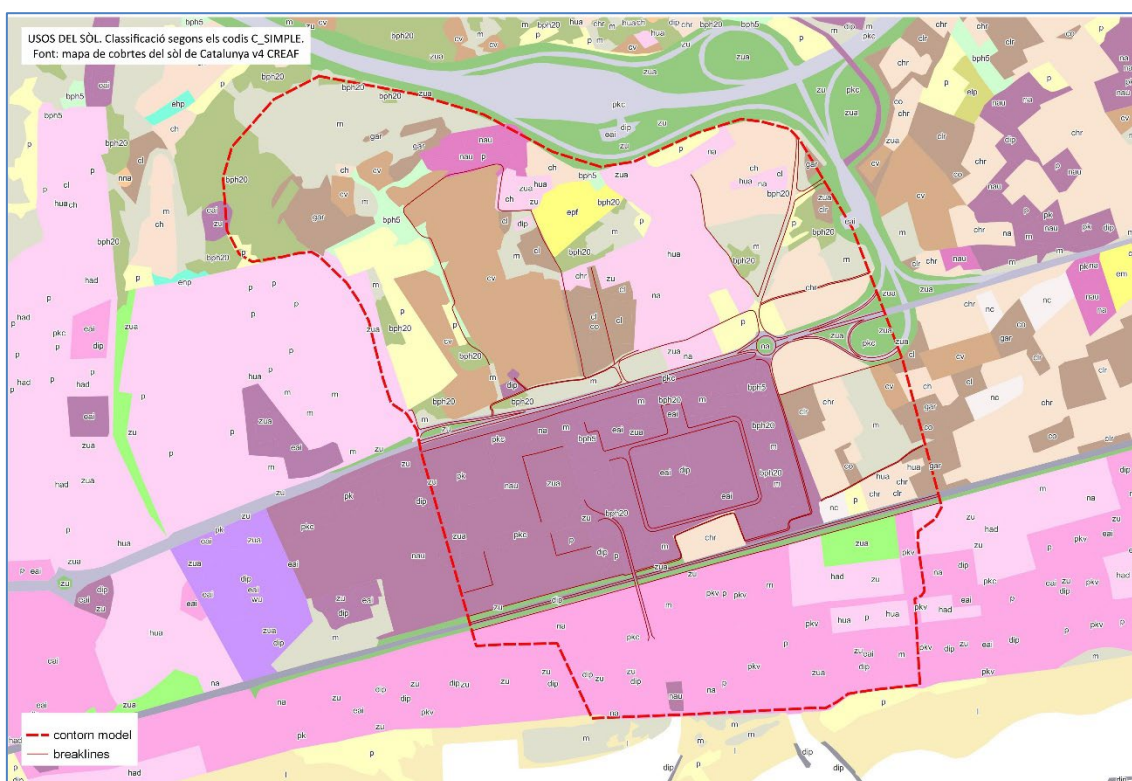
En el present estudi s'han generat dos models hidràulics bidimensionals, un per analitzar i diagnosticar la situació actual, i un segon per a la prognosi de la situació futura.

El contorn exterior d'ambdós models és el mateix, només difereixen en la geometria utilitzada en cada un d'ells, bàsicament el model digital d'elevacions del terreny.

A l'annex núm. 3 del present estudi es recullen i descriuen de manera detallada els models hidràulics utilitzats.



Model hidràulic



Usos del sòl, segons mapa de cobertes del sòl de Catalunya v4 del CREAM



Valors del coeficient n de Manning utilitzats

17.2 Resultats dels models hidràulics.

Els models hidràulics bidimensionals, donen com a resultats un seguit de variables hidràuliques, per a cada una de les cel·les i nodes del model, i per cada un dels instants de temps. Si considerem que hi sol haver-hi un gran nombre de cel·les i intervals de temps això ens dona un nombre elevadíssim de resultats, cosa que fa evident que no és útil ni pràctic el seu llistat en forma de taules numèriques, excepte en els punts i les variables d'interès per cada cas concret. En canvi aquests models disposen de la possibilitat d'extreure els resultats d'interès en forma de cobertures GIS, tant vectorials com ràster.

El model HEC RAS, una vegada calculat amb èxit un model, mitjançant el mòdul RasMapper, permet la visualització, animació i explotació dels resultats del càlcul en diferents formats compatibles amb els sistemes GIS.

Les cobertures GIS exportades dels models són sotmeses posteriorment a revisió i tractament amb eines GIS, per tal d'eliminar micro-polígons, illes i/o elements o zones aïllades de petites dimensions, així com per suavitzar els contorns vectorials, i altres tractaments de caire cartogràfic.

Els resultats i dades de sortida del model són moltes, cal triar quines es necessari consultar i explotar en funció de quina sigui la destinació de l'estudi hidràulic. En el cas que ens ocupa, al tractar-se d'un estudi d'inundabilitat d'àmbit local, les dades que hem considerat rellevants són les següents:

Valors de calats màxims, per a cada una de les lleres i per a cada període de retorn (T100 i T500)

Abast de la inundació, per a cada una de les lleres i per a cada període de retorn (T100 i T500)

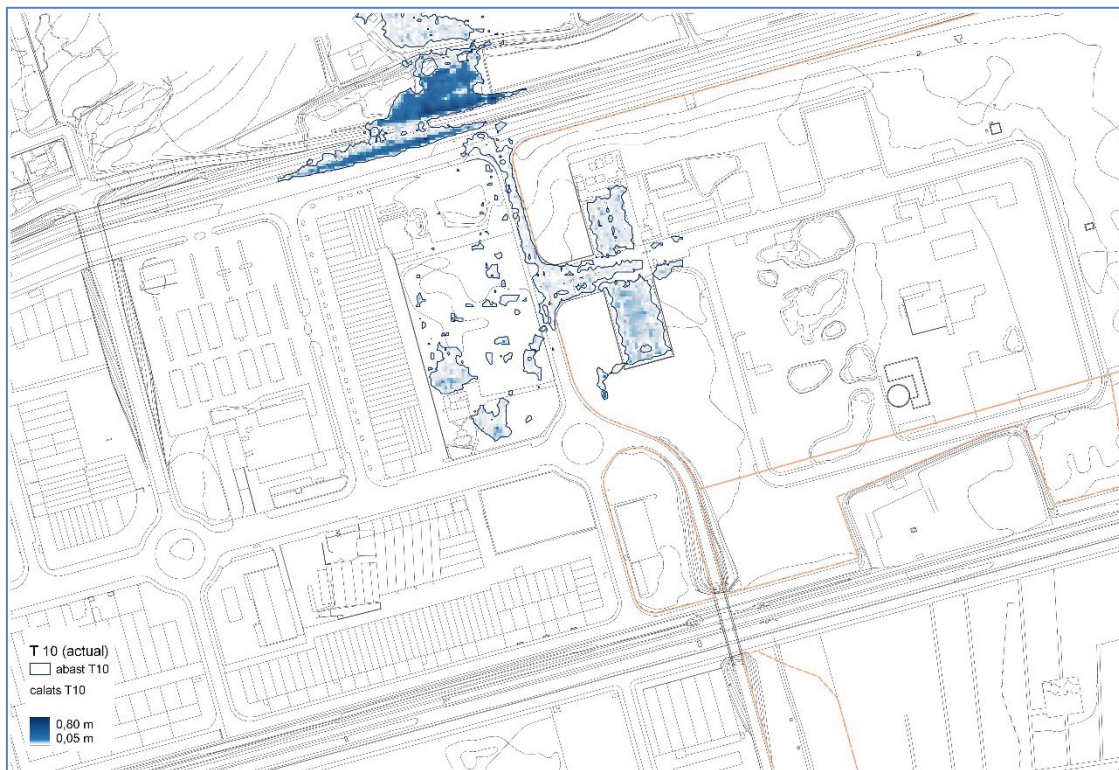
Valors de la velocitat i la gravetat de la inundació per al període de retorn de 100 anys

Zonificació de la inundació segons el Reglament del Domini Públic Hidràulic (Zona de Flux Preferent i Zona Inundable)

18.- DIAGNOSI DE LA SITUACIÓ ACTUAL

Avinguda de 10 anys de període de retorn.

De la observació i anàlisi dels resultats dels models hidràulics es desprèn que, en la situació actual, les característiques de la inundabilitat en l'àmbit d'aquest estudi es corresponen amb les d'una inundació difosa, en la qual a la plana d'inundació es presenten calats molt baixos i velocitats molt reduïdes, similars a una inundació per precipitació "in situ.



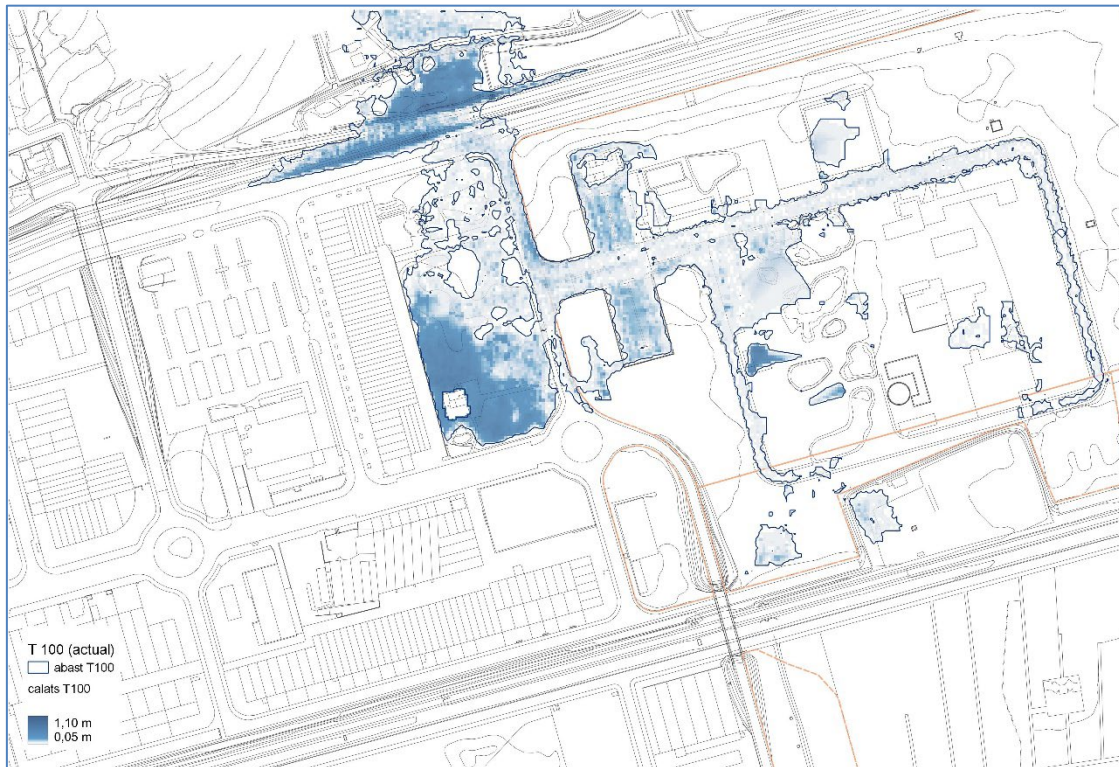
Abast i calats de la inundació T10

Els calats d'inundació que es presenten en aquesta situació a l'àmbit d'estudi són molt baixos, majoritàriament inferiors a 0.15 m.

Avinguda de 100 anys de període de retorn.

La situació per a l'avinguda de 100 anys de període de retorn és molt similar a la de l'avinguda de $T = 10$ anys. Es presenta una inundació difosa, amb calats molt reduïts i velocitats molt baixes.

És remarcable esmentar que els calats d'inundació majoritàriament no arriben a 0.25 m a l'interior de l'àmbit, i que en només en depressions aïllades, tant de l'àmbit com de l'exterior del mateix, els calats s'acosten a 0.60 m.



Abast i calats de la inundació T100

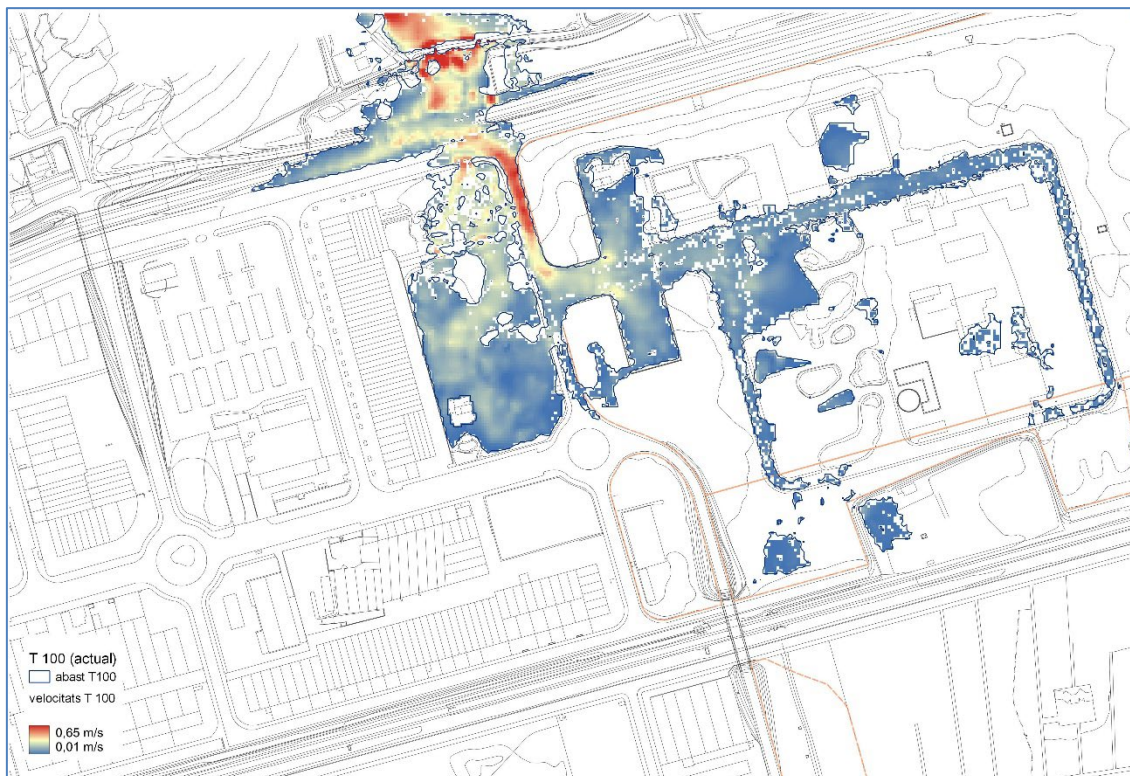
Zona de flux preferent.

La zona de flux preferent es defineix com “aquella zona constituïda per la unió de la zona o zones on es concentra preferentment el flux durant les avingudes, o via d'intens desguàs, i de la zona on per a l'avinguda de 100 anys de període de retorn, es puguin produir greus danys sobre les persones i els béns, quedant delimitat el seu límit exterior mitjançant l'envoltant d'ambdues zones”.

A l'efecte de l'aplicació de la definició anterior, es considerarà que poden produir-se greus danys sobre les persones i els béns quan les condicions hidràuliques durant l'avinguda satisfacin un o més dels següents criteris:

- Que el calat sigui superior a 1 m.
- Que la velocitat sigui superior a 1 m/s.

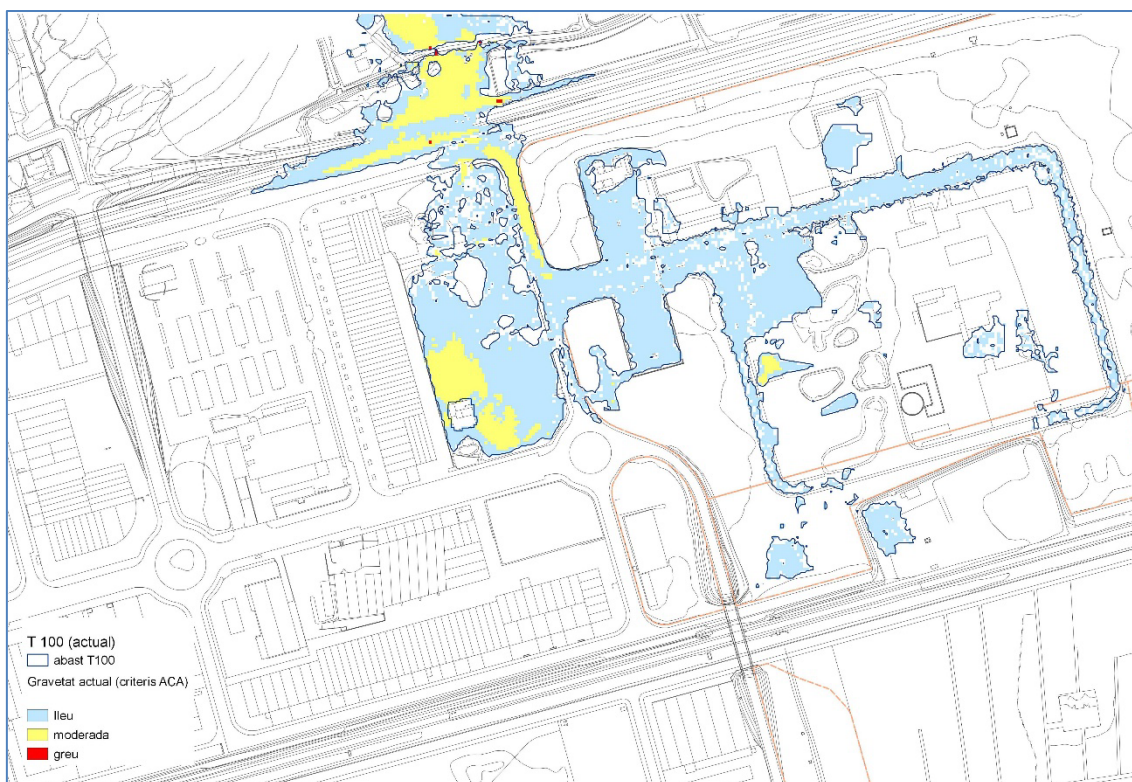
- Que el producte d'ambdues variables sigui superior a 0,5 m²/s.



Velocitats en situació d'inundació T100

S'entén per Via d'Intens Desguàs la zona per la qual passaria l'avinguda de 100 anys de període de retorn sense produir una sobreelevació superior a 0,3 m respecte a la cota de la làmina d'aigua que es produiria amb aquesta mateixa avinguda considerant tota la plana d'inundació existent. La sobreelevació anterior podrà, a criteri de l'organisme de conca, reduir-se fins a 0,1 m quan l'increment de la inundació pugui produir greus perjudicis o augmentar-se fins a 0,5 m en zones rurals o quan l'increment de la inundació produeixi danys reduïts.”

La delimitació gràfica de la zona de danys o Zona d'Inundació Perillosa (ZIP) per a T=100 anys és clara, ja que engloba l'àrea amb calats majors que 1 m, velocitats majors que 1 m/s o el producte de calat per velocitat major que 0,5 m². Per a la seva determinació, s'utilitzen les cobertures de calats i velocitats que proporciona el model mitjançant unes senzilles operacions en entorn GIS.



Classificació de la gravetat de la inundació T100, en estat actual

Veiem, que en l'àmbit de la zona afectada per la inundació associada a l'avinguda T100, les zones on s'acompleix el criteri de Zona d'Inundació Peril·losa (ZIP) son inexistents.

La Via d'Intens Desguàs es calcula amb ajuda de l'avinguda de període de retorn de 100 anys, de manera que si una determinada secció es veiés reduïda a la zona marcada per ella, el trànsit de l'avinguda de 100 anys provocaria una sobrelevació de 0,30 m respecte al nivell original calculat amb la secció completa, en els models HEC RAS 1d, això es porta a terme mitjançant l'eina "encroachments".

En els models 2d, tal com s'estableix en la Guia Metodològica per al desenvolupament del SNCZI, el desitjable és que VID i ZIP coincideixin en la seva ubicació el màxim possible. En el cas de models 2d, la Guia recomana situar inicialment la VID en la ZIP i verificar la sobrelevació provocada. Si aquesta és inferior a 0,30 metres en tot el tram, la ZFP es farà coincidir amb la ZIP. De no ser així, es procedirà a ampliar la VID fins a aconseguir reduir la sobrelevació mitjançant un procés iteratiu.

A la FMA Conference, San Diego USA, setembre 2011, en la ponència "Mapping of Floodways and Floodplain Development Zones Using 2d Models" s'estableix com a recomanació per a la delimitació de la VID (Floodway) el criteri de considerar com a tal les zones en què el cabal específic és superior a 0.4 – 0.5 m²/s. L'experiència de qui subscriu indica que aquest criteri funciona molt bé amb el valor de 0.4 m²/s.

En el nostre cas, el valor del màxim absolut del cabal específic és de 0.385 m²/s, no arribant als límits abans esmentats.

Per tant, podem concloure que els baixos valors dels calats i velocitats associats a l'avinguda T100, així com els reduïts valors del cabal específic ens indiquen que no es

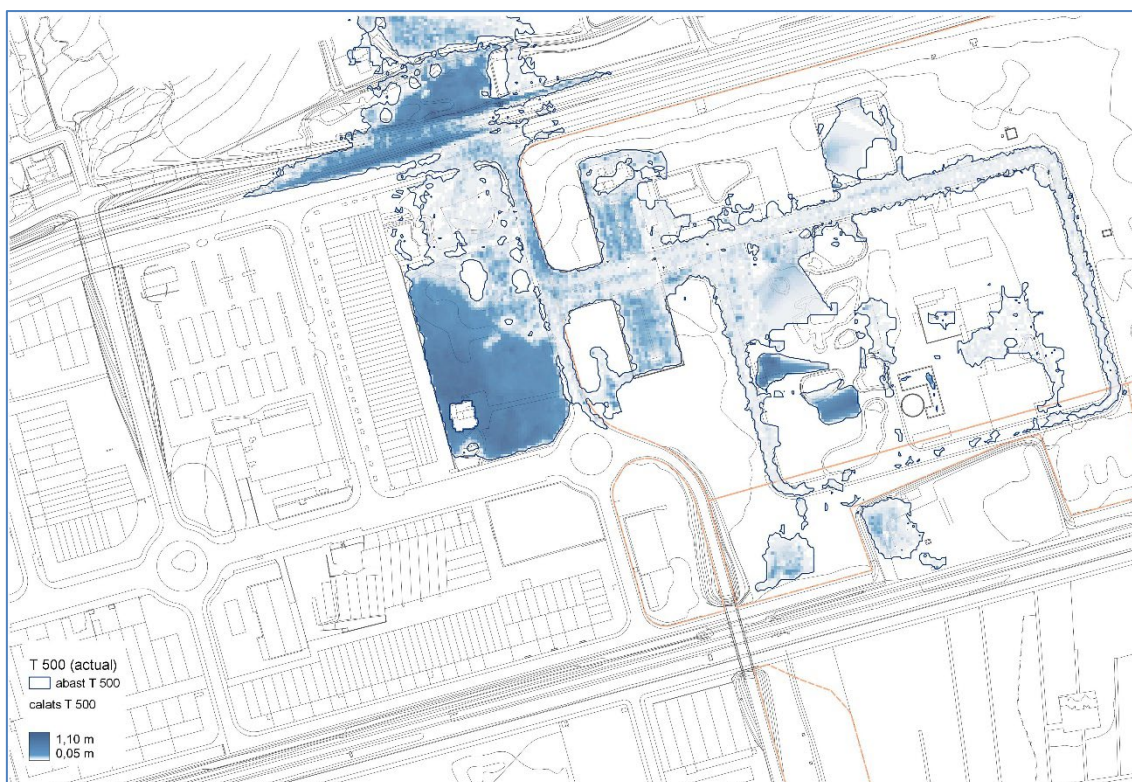
pot delimitar cap zona assimilable a la Via d'Intens Desguàs (VID) a l'interior de l'àmbit d'estudi.

L'envoltant de la ZIP i la VID obtingudes segons la metodologia exposada donaria lloc a la delimitació de la Zona de Flux Preferent.

Atesa la **no** existència de zona d'Inundació Perillosa (ZIP), i que no es produeix cap zona que es pugui assimilar a la Via d'Intens Desguàs (VID), podem concloure que en la zona inundada per la T100 dins l'àmbit d'estudi **no es produeix cap zona assimilable a la Zona de Flux Preferent**.

Avinguda de 500 anys de període de retorn.

La situació es resumeix en la imatge següent:



Calats màxims d'avinguda T500 en situació actual

Ens trobem amb una situació molt similar a la dels casos de la T10 i T100, una situació de calats molt baixos llevat de punts baixos aïllats. Els calats a l'interior de l'àmbit són majoritàriament inferiors a 0,25 m a l'interior de l'àmbit, i que en només en depressions aïllades, tant de l'àmbit com de l'exterior del mateix, els calats s'acosten a 0,75 m.

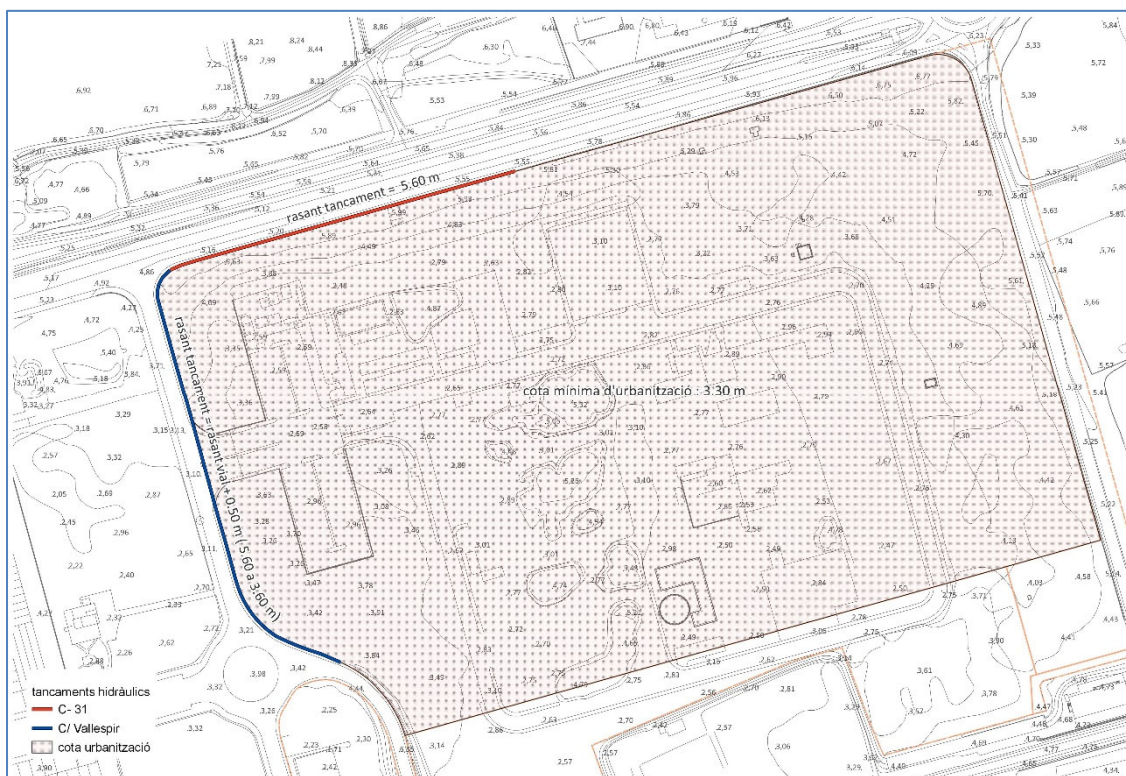
19.- PROPOSTES D'ACTUACIÓ I PROGNOSI DE LA INUNDABILITAT FUTURA

Ens trobem, com ja hem esmentat anteriorment, en un entorn molt planer, totalment envoltat per carrers i lleugerament deprimat respecte a aquests vials. Aquesta situació, lligada a la situació d'insuficiència de l'obra de drenatge sota la C-31 ens provoca que per avingudes d'una certa importància es produeixi una inundació de tipus difós, sense zones importants amb calats i/o velocitats elevades.

Tot i això per tal que els fenòmens d'inundabilitat siguin compatibles amb el desenvolupament urbanístic en estudi, es proposen dues actuacions encaminades a evitar de manera total la inundació de l'àmbit:

- Creació d'un tancament hidràulic a les zones nord i est de la parcel·la industrial resultant, confrontants amb la carretera C-31 i el carrer del Vallespir. Aquest tancament consistiria en un muret de formigó o similar, amb una rasant de coronació situada 0.50 metres per damunt de la rasant del vial confrontant.
- Tanmateix es proposa que la cota mínima d'urbanització de la parcel·la industrial se situï per damunt de la cota 3.30 m.

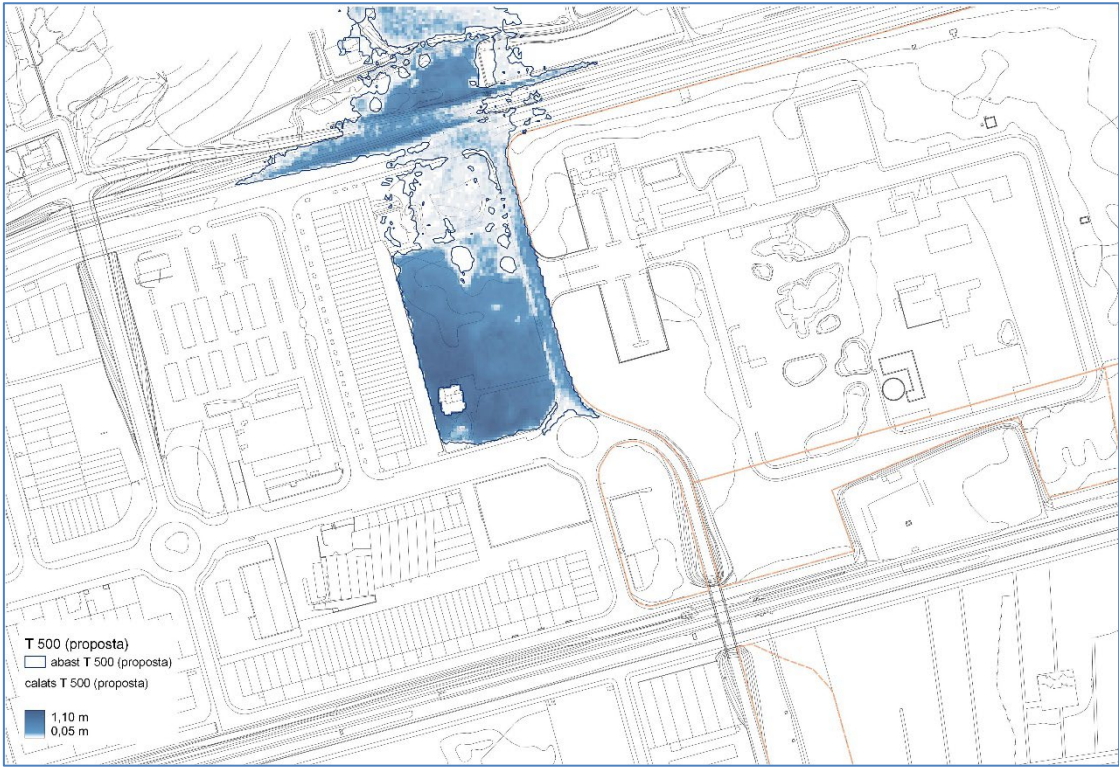
Amb aquestes mesures implementades d'una forma correcta s'evitaria de manera total la inundació de l'espai que ha d'ocupar la futura zona industrial – logística.



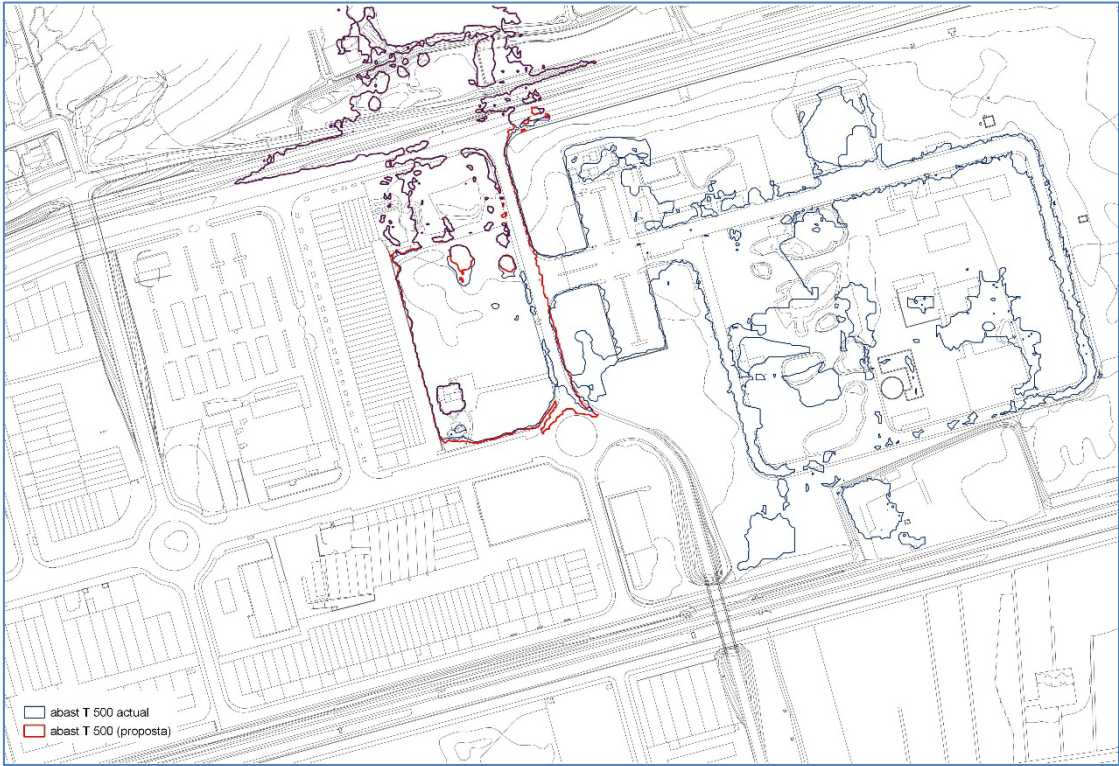
Propostes adreçades a evitar la possibilitat d'inundació de la parcel·la industrial

Amb el model hidràulic realitzat per a la prognosi de la situació futura prevista, amb les mesures proposades anteriorment correctament implementades, es pot comprovar el

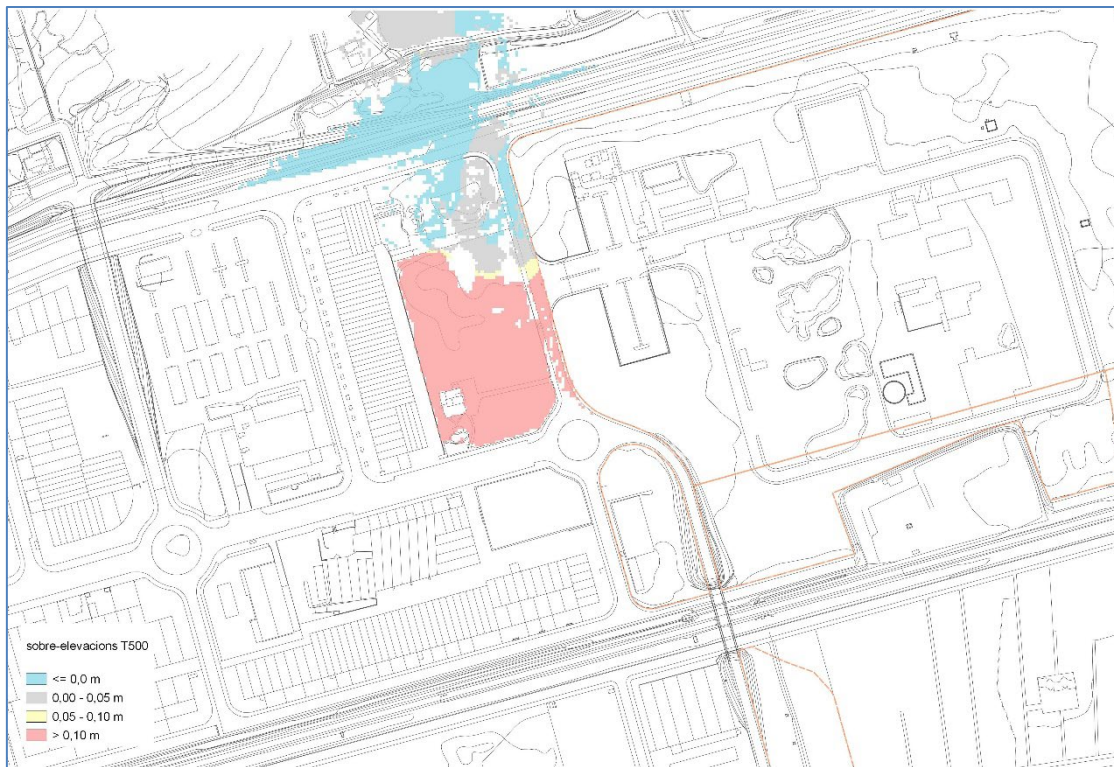
bon funcionament de la solució proposada, i la seva correcta integració amb la proposta urbanística.



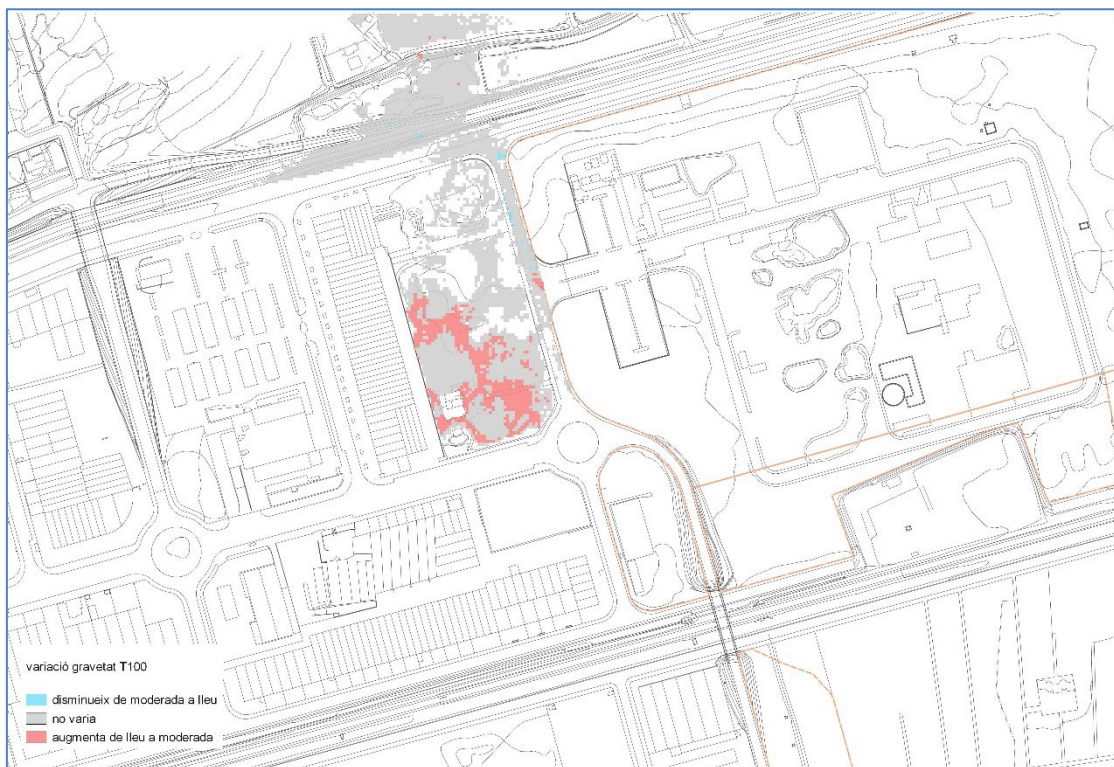
Calats i abast de la inundació T500 en la situació proposada (prognosi)



Variació de l'abast de la inundació T500 entre l'estat actual i la situació proposada



Variació dels calats de la inundació T500 entre l'estat actual i la situació proposada



Variació de la gravetat de la inundació T100 entre l'estat actual i la situació proposada

Tanmateix es comprova que la proposta i la urbanització previstes no generen perjudicis significatius a tercers, ja que:

- Pràcticament no varia, l'abast de la zona inundable en la situació de T500.
- Els calats resultants, en la situació de pluges extraordinàries amb períodes de retorn de 500 anys, fora de l'àmbit de la zona industrial – logística, pràcticament no varien respecte als que es podrien produir en la situació actual.
- Fora de l'àmbit de la parcel·la industrial varien molt poc les condicions de gravetat de la inundació que es podrien produir en episodis de pluges extraordinàries.

20.-CONCLUSIÓ

Es considera, per part de l'Enginyer que subscriu aquest estudi, què amb el recollit en el present document queda abastament caracteritzada la inundabilitat de l'àmbit de la modificació puntual del MODIFICACIÓ PUNTUAL DEL PLA GENERAL D'ORDENACIÓ URBANA DE CUBELLES PER A LA TRANSFORMACIÓ DELS SÒLS DE LA CENTRAL TÈRMICA, d'acord amb Reglament del Domini Públic Hidràulic i la resta de normativa aplicable.

Qui subscriu, espera que aquest document mereixi ser informat en sentit favorable per part de l'Agència Catalana de l'Aigua, i que tingui utilitat i interès per els treballs de redacció del planejament urbanístic de la zona.

Girona, abril de 2023.

Lluís Gorgorió i Solà

Enginyer de Camins, Canals i Ports, col·legiat núm. 6.990

LLUIS GORGORIO

SOLA - DNI 40284885V

Firmado digitalmente por LLUIS
GORGORIO SOLA - DNI 40284885V
Fecha: 2023.04.10 10:57:37 +02'00'

**ESTUDI D'INUNDABILITAT PER A LA MODIFICACIÓ PUNTUAL
DEL PLA GENERAL D'ORDENACIÓ URBANA DE CUBELLES PER A
LA TRANSFORMACIÓ DELS SÒLS DE LA CENTRAL TÈRMICA**

Annex núm. 1

Pluviometria

ANNEX NÚM. 1

PLUVIOMETRIA

L'objectiu de l'estudi hidrològic d'aquest treball és l'obtenció dels valors dels cabals màxims d'avinguda associats a diferents períodes de retorn. Atès que la conca objecte d'aquest estudi no està aforada, és a dir no es disposa d'una sèrie de dades de cabals màxims prou llarga i fiable, l'estudi hidrològic del present treball s'ha portat a terme mitjançant mètodes hidrometeorològics. Aquests mètodes simulen el procés precipitació-escorrentiu mitjançant models deterministes de major o menor complexitat. Les dades requerides per aquests models són bàsicament dades pluviomètriques, i aprofiten l'avantatge de la major densitat i llargada de les sèries de la xarxa pluviomètrica respecte a la foronòmica. La principal hipòtesi d'aquests mètodes és considerar que una avinguda associada a un determinat període de retorn es produeix per un succés plujós del mateix període de retorn. Tanmateix, aquests mètodes són els recomanats per l'Agència Catalana de l'Aigua per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local.

És, per tant, del tot necessari el disposar de valors de precipitació el més fiables possible.

En aquest annex es presenten i justifiquen els valor de precipitació utilitzats en l'estudi hidrològic de cabals màxims d'avinguda.

El càlcul de la tempesta de disseny, consisteix en estimar, per a cada un dels períodes de retorn considerats, les característiques de la tempesta que produeix l'hidrograma, aquestes característiques es resumeixen en:

- Precipitació total
- Duració de la tempesta
- Distribució areal de la pluja
- Distribució temporal de la pluja.

En el cas que ens ocupa, utilitzem l'anomenat mètode racional, en el qual la duració de la tempesta de disseny es fa coincidir amb el temps de concentració de la conca.

La distribució areal de la tempesta es considera uniforme en tota la conca vessant, i es corregeix per adaptar les dades pluviomètriques puntuals a una superfície extensa mitjançant la fórmula proposada per Témez.

Pel que fa referència a la distribució temporal de la pluja treballarem a partir de les corbes IDF proposades a la instrucció de drenatge de carreteres de la “Dirección General de Carreteras”.

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d}\right) \exp\left(-\frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1}\right)$$

on:

I_d (mm/h) : Intensitat mitja diària de precipitació, corresponent al període de retorn considerat.

$$I_d = \frac{P_d}{24}$$

P_d (mm) : Precipitació total diària corresponent al període de retorn considerat.

I_t (mm/h) : Intensitat de precipitació d'un xàfec de duració t , corresponent al període de retorn considerat.

t : duració del xàfec

I_1 (mm/h): Intensitat horària de precipitació pel període de retorn considerat.

El valor de I_1/I_d s'obté del plànol adjunt extret de la publicació de R. Témez, abans esmentada.

En el nostre cas: $I_1/I_d = 11$

PRECIPITACIÓ TOTAL

Per portar a terme la determinació de la precipitació total diària corresponent als períodes de retorn considerats P_d , utilitzem les dades més recents i actualitzades publicades pel Servei Meteorològic de Catalunya. Els períodes de retorn considerats han estat els de 10, 100 i 500 anys.

Es disposa de diversos arxius ràster amb pas de malla 1000 x 1000 metres, provinents del visor d'informació geogràfica de la Generalitat de Catalunya, que representen a nivell de tot Catalunya els valors de la precipitació màxima esperada en 24h per a diferents períodes de retorn.

Corresponen a les capes d'informació següents:

CLIMA_IDF2020_T10_24h

CLIMA_IDF2020_T100_24h

CLIMA_IDF2020_T500_24h

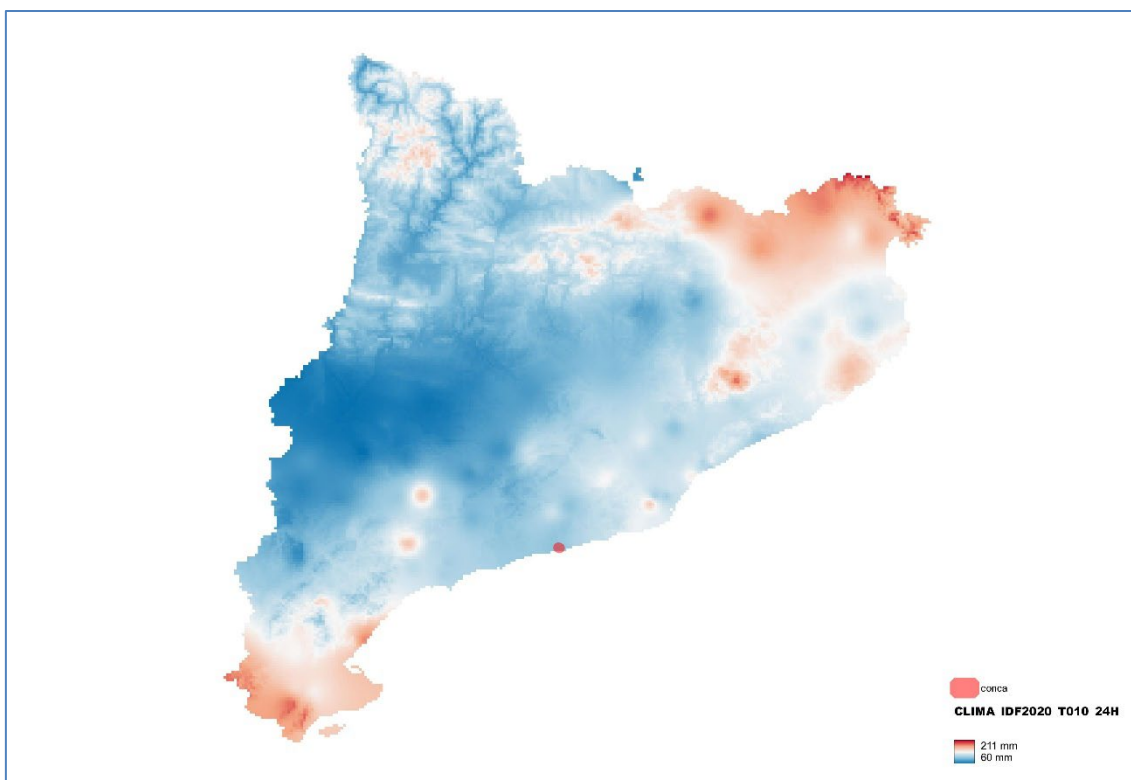
La relació Intensitat – Durada – Freqüència (IDF) indica la probabilitat que s'esdevingui un episodi de precipitació de característiques determinades en un lloc concret. Aquesta relació s'ha extret a alta resolució espacial i temporal amb un estudi estadístic sobre sèries temporals de precipitació prou llargues i representatives de Catalunya, en el marc d'un projecte de Doctorat Industrial (2014) fet al Servei Meteorològic de Catalunya. Llabrés-Brustenga, A. (2020). Intensity-Duration-Frequency of Rainfall in Catalunya. Maximum Expected Precipitation and IDF Relationships at High Temporal and Spatial Resolution (Tesi doctoral). Universitat de Barcelona (<http://hdl.handle.net/2445/151942>).

Els valors de la mitjana espacial d'aquests fitxers ràster a tot l'àmbit de la conca en estudi, són els que s'han considerat en l'estudi hidrològic de cabals màxims.

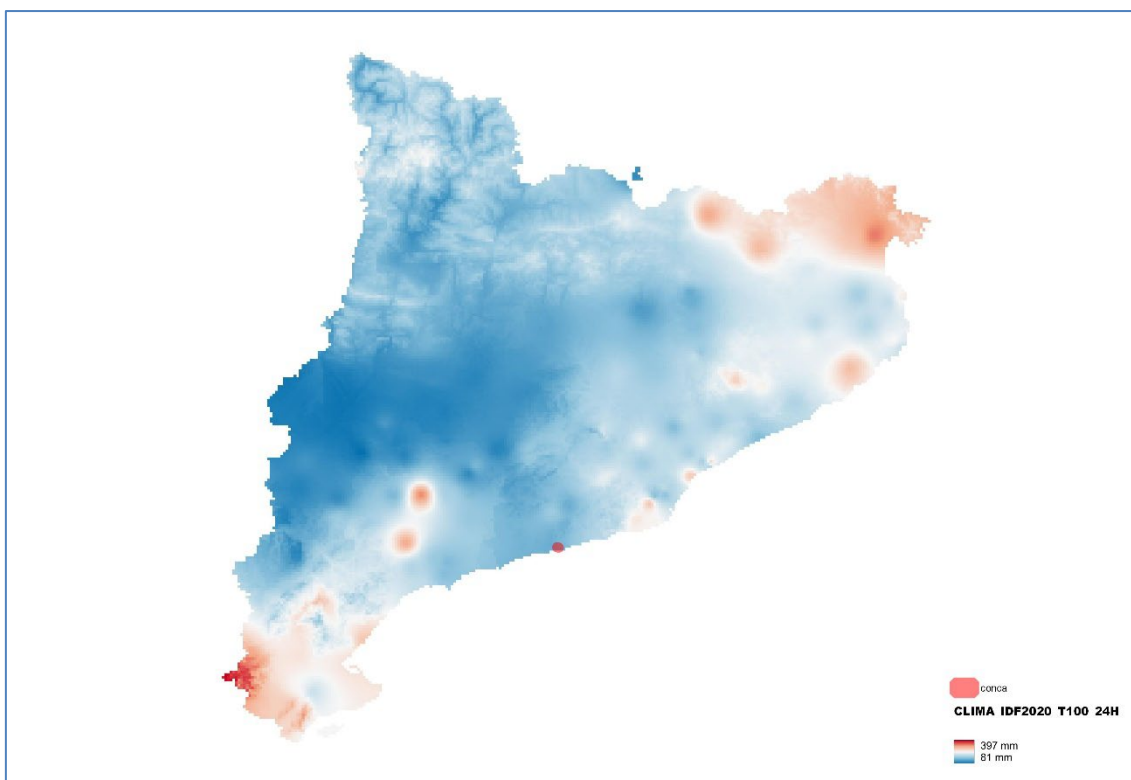
El resum d'aquests valors és el següent:

Precipitació màxima esperable en 24 h (mm)				
T	ACA	ACA	ACA	SMC
	833_834_30	833_N70_1	833_N70_25	
mco	67.51	67.95	67.41	
10	98.08	99.54	98.72	98.72
25				
50	127.82	130.88	129.77	
100	140.38	144.30	143.06	142.10
200				
250				
500	169.46	175.81	174.25	172.21

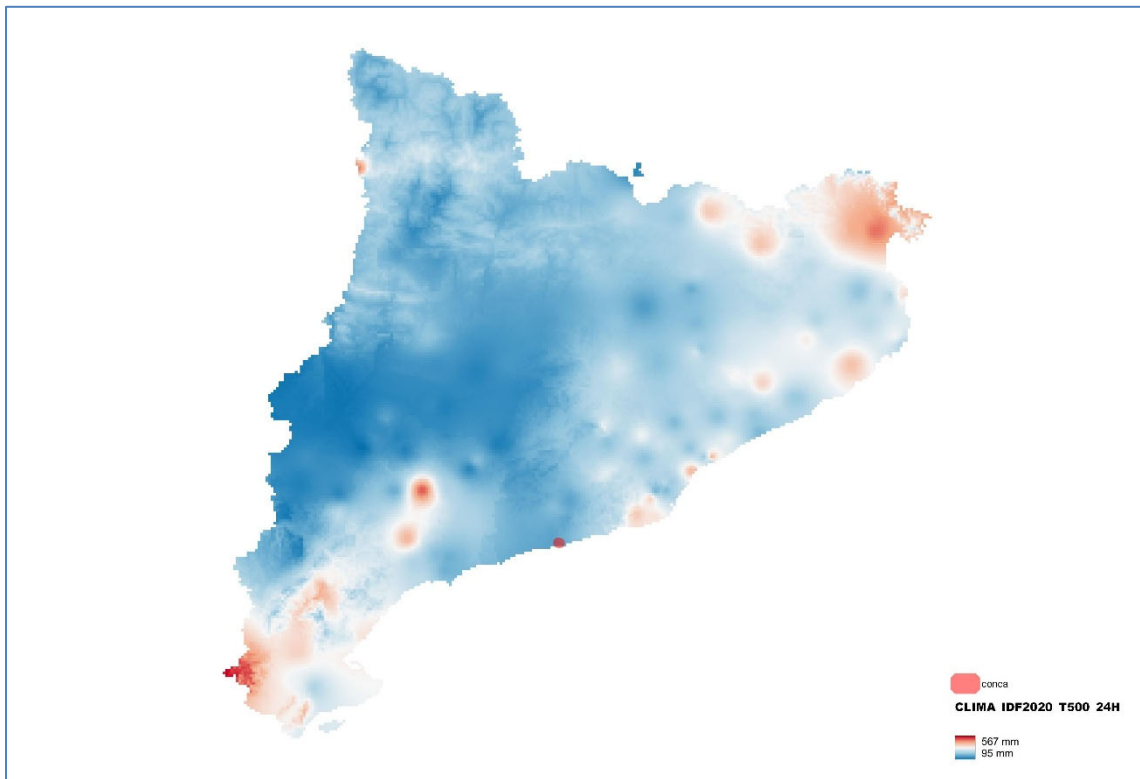
A la taula anterior es comparen els valors obtinguts de la font esmentada amb els valors utilitzats per l'Agència Catalana de l'Aigua en la normalització de cabals en tres conques confrontants amb la conca en estudi, i de característiques molt similars. Es pot comprovar la coherència dels valors utilitzats en el present estudi amb els valors utilitzats per l'ACA.



Valors de la precipitació màxima esperable en 24h per a un període de retorn de 10 anys (font: SMC)



Valors de la precipitació màxima esperable en 24h per a un període de retorn de 100 anys (font: SMC)



Valors de la precipitació màxima esperable en 24h per a un període de retorn de 500 anys (font: SMC)

Girona, abril de 2023

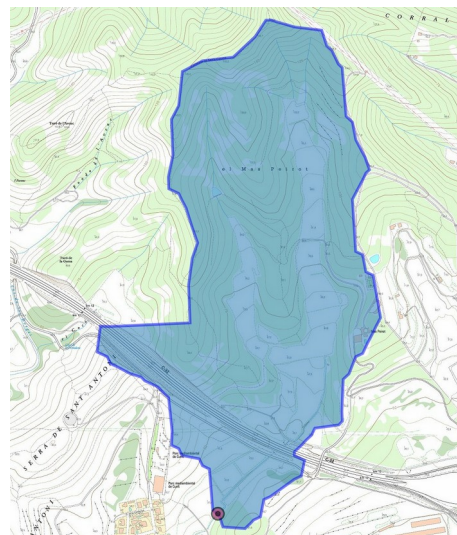
Valors dels cabals normalitzats al districte de conca fluvial de Catalunya

Curs fluvial	Fondo del Mas d'en Pedro	Codi	833_834_30
Conca	Rieres de Calafell-Torredembarra	Coordenades X/ Y	386,191.63/ 4,562,672.50

Paràmetres hidrològics

Àrea (km²)	0.69
Longitud (km)	1.72
Z_{inf} (m.s.n.m)	35.48
Z_{sup} (m.s.n.m)	171.29
J (%)	7.90
U (%)	3.96
Fórmula de Témez	I
T_c (hores)	0.73
P0* (mm)	96.14
NC*	34.21
Ka	1.00

* Valors corregits



Precipitacions i coeficients d'escorrentiu segons períodes de retorn

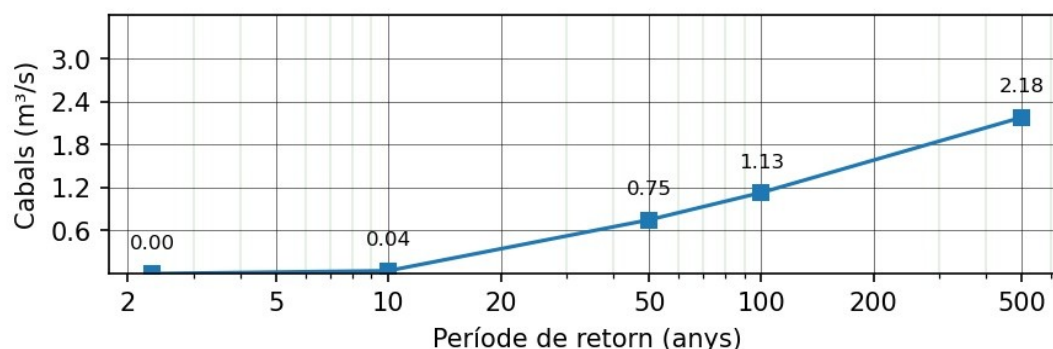
	MCO	T = 10	T = 50	T = 100	T = 500
Pd *	67.51	98.08	127.82	140.38	169.46
I	37.24	54.10	70.50	77.43	93.47
C	0.00	0.00	0.05	0.07	0.12

*Precipitació corregida per cada període de retorn. Font: Mapa de Precipitacions Màximes Actualitzades per l'SMC (desembre 2020)

Cabals d'avinguda (m³/s)

MCO	T = 10	T = 50	T = 100	T = 500
0.00	0.04	0.75	1.13	2.18

Gràfica de cabals



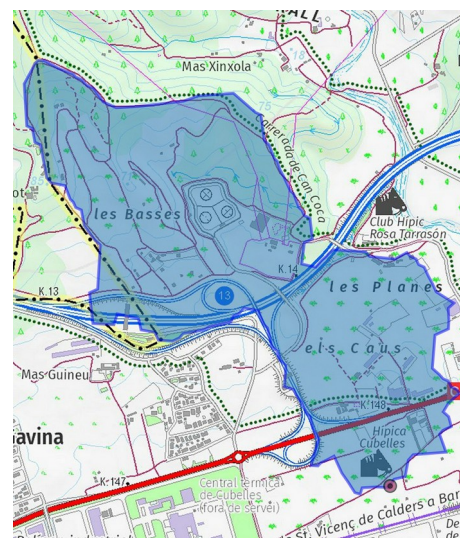
Valors dels cabals normalitzats al districte de conca fluvial de Catalunya

Curs fluvial	Innominat	Codi	833_N70_1
Conca	Rieres de Calafell-Torredembarra	Coordenades X/ Y	387,931.64/ 4,562,118.36

Paràmetres hidrològics

Àrea (km²)	1.11
Longitud (km)	3.22
Z_{inf} (m.s.n.m)	5.26
Z_{sup} (m.s.n.m)	118.22
J (%)	3.51
U (%)	21.35
Fórmula de Témez	II
Tc (hores)	0.85
P0* (mm)	48.80
NC*	50.61
Ka	1.00

* Valors corregits



Precipitacions i coeficients d'escorrentiu segons períodes de retorn

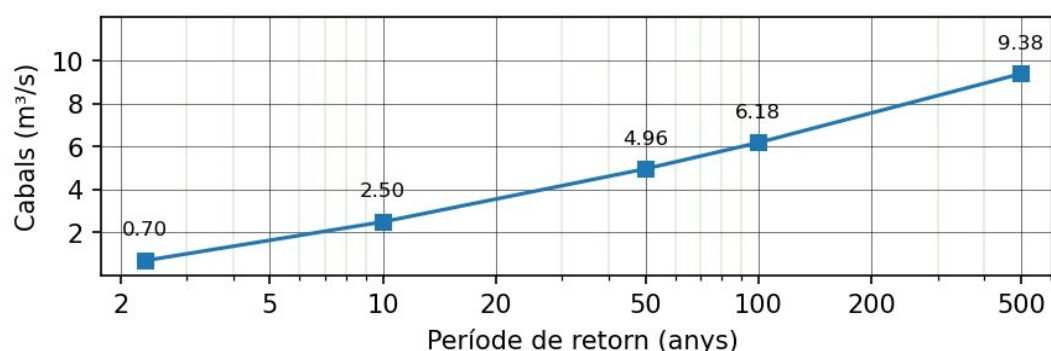
	MCO	T = 10	T = 50	T = 100	T = 500
Pd *	67.95	99.54	130.88	144.30	175.81
I	34.29	50.23	66.05	72.82	88.72
C	0.06	0.15	0.23	0.26	0.32

*Precipitació corregida per cada període de retorn. Font: Mapa de Precipitacions Màximes Actualitzades per l'SMC (desembre 2020)

Cabals d'avinguda (m³/s)

MCO	T = 10	T = 50	T = 100	T = 500
0.70	2.50	4.96	6.18	9.38

Gràfica de cabals



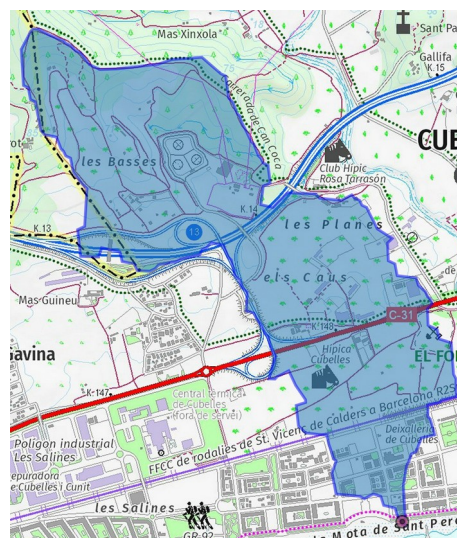
Valors dels cabals normalitzats al districte de conca fluvial de Catalunya

Curs fluvial	Innominat	Codi	833_N70_25
Conca	Rieres de Calafell-Torredembarra	Coordenades X/ Y	388,207.50/ 4,561,585.76

Paràmetres hidrològics

Àrea (km²)	1.44
Longitud (km)	4.43
Z_{inf} (m.s.n.m)	1.48
Z_{sup} (m.s.n.m)	118.22
J (%)	2.64
U (%)	26.12
Fórmula de Témez	II
Tc (hores)	1.11
P0* (mm)	44.54
NC*	52.89
Ka	0.99

* Valors corregits



Precipitacions i coeficients d'escorrentiu segons períodes de retorn

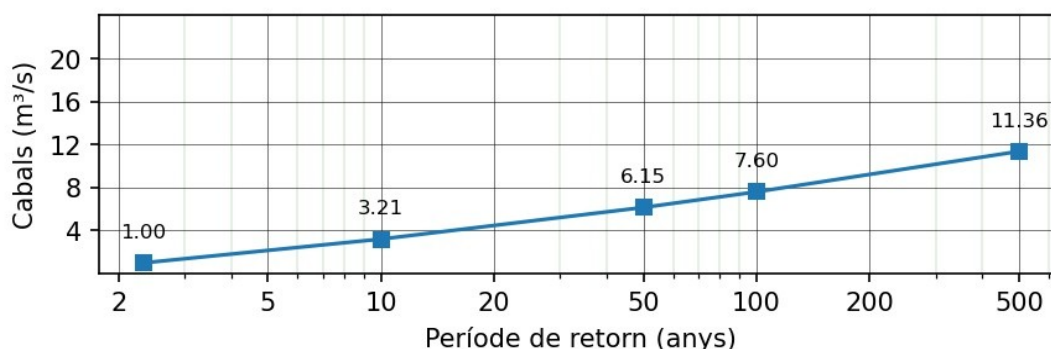
	MCO	T = 10	T = 50	T = 100	T = 500
Pd *	67.41	98.72	129.77	143.06	174.25
I	29.02	42.51	55.87	61.60	75.03
C	0.08	0.18	0.26	0.29	0.35

*Precipitació corregida per cada període de retorn. Font: Mapa de Precipitacions Màximes Actualitzades per l'SMC (desembre 2020)

Cabals d'avinguda (m³/s)

MCO	T = 10	T = 50	T = 100	T = 500
1.00	3.21	6.15	7.60	11.36

Gràfica de cabals



**ESTUDI D'INUNDABILITAT PER A LA MODIFICACIÓ PUNTUAL
DEL PLA GENERAL D'ORDENACIÓ URBANA DE CUBELLES PER A
LA TRANSFORMACIÓ DELS SÒLS DE LA CENTRAL TÈRMICA**

Annex núm. 2

Estudi hidrològic

ANNEX NÚM. 2

ESTUDI HIDROLÒGIC.

1.- METODOLOGIA

L'objecte d'aquest annex és la determinació dels cabals d'avinguda, per a diversos períodes de retorn, generats en una petita conca vessant, sense llera apreciable, que aboquen a la zona de l'antiga central tèrmica de Cubelles. Aquests càlculs s'han efectuat seguint les recomanacions de l'Agència Catalana de l'Aigua i utilitzant la formulació del mètode racional.

Per tal de delimitar la conca vessant associada al punt de càlcul, hem utilitzat metodologia implantada sobre sistema GIS. La informació bàsica de sortida per a la delimitació de les conques vessants és el model digital d'elevacions del terreny. En aquest cas hem utilitzat el model digital d'elevacions de Catalunya, de l'Institut Cartogràfic de Catalunya, en format ràster i amb una mida de cel·la de 5x5 m. Aquestes mateixes eines han servit per determinar el traçat de la xarxa de drenatge i les dades morfològiques per al càlcul del temps de concentració de la conca vessant.

D'acord amb les recomanacions de l'Agència Catalana de l'Aigua, el mètode racional és aplicable si es donen les següents condicions:

- (a) La superfície de la conca S no ha de superar els 1.000 km².
- (b) La conca ha de ser predominantment rural.
- (c) El temps de concentració T_c no ha de ser inferior a les 0,25 hores ni superior a les 24 hores.

El mètode racional calcula el cabal màxim Q_p d'escorrentiu superficial d'una pluja d'intensitat I que cau sobre una conca amb una superfície S , que comença de manera instantània i és constant durant un temps mínim igual al temps de concentració de la conca T_c .

Si la pluja neta fos igual a la precipitació (que equival a dir que el llindar d'escorrentiu és nul), el cabal Q_P seria $I \cdot S$, en unitats coherents.

La detracció d'aigua per evapotranspiració i infiltració es realitza mitjançant el coeficient d'escorrentiu C, que és la relació entre el cabal punta QP i el cabal I·S.

La fórmula per calcular el cabal punta és:

$$Q_p = K \frac{C/S}{3.6}$$

On:

Q_p cabal punta (m³/s)

C coeficient d'escorrentiu (adimensional)

I intensitat de precipitació (mm/h) corresponent a una durada efectiva de la pluja D igual al temps de concentració T_c de la conca

S superfície de la conca (km²)

K coeficient d'uniformitat (adimensional)

El coeficient d'uniformitat es calcula mitjançant l'equació següent:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

On:

K coeficient d'uniformitat (adimensional)

T_c temps de concentració, expressat en h

El temps de concentració T_c es calcula mitjançant les expressions següents:

(a) Conques rurals, amb un grau d'urbanització no superior al 4 % de l'àrea de la conca.

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{j^{0.25}} \right)^{0.76}$$

(b) Conques urbanitzades, amb un grau d'urbanització superior al 4 % de l'àrea de la conca i amb urbanitzacions independents que tinguin un clavegueram de pluvials no unificat o complet.

$$T_c = \frac{1}{1 + \sqrt{\mu(2 - \mu)}} 0.3 \left(\frac{L}{j^{0.25}} \right)^{0.76}$$

(c) Conques urbanes, amb un grau d'urbanització superior al 4 % de l'àrea de la conca amb clavegueram complet i curs principal canalitzat, impermeable i de petita rugositat.

$$T_c = \frac{1}{1 + 3\sqrt{\mu(2 - \mu)}} 0.3 \left(\frac{L}{j^{0.25}} \right)^{0.76}$$

On:

T_c temps de concentració expressat en h

L longitud del curs principal expressat en km

j pendent mitjà del curs principal expressat en tant per u, m/m

μ grau d'urbanització de la conca expressat en tant per u, km²/km²

El coeficient d'escorrentiu es calcula amb la fórmula:

$$C = \frac{(P'_d - P_0) \times (P'_d + 23P'_0)}{(P'_d + 11P'_0)^2}$$

On:

C coeficient d'escorrentiu (adimensional)

P'_d volum de precipitació diària (mm)

P'_0 llinar d'escorrentiu (mm)

El volum de precipitació diària es calcula mitjançant l'expressió:

$$P'_d = K_a \cdot P_d$$

On:

K_a coeficient de simultaneïtat. És adimensional i minora la precipitació diària P_d

Pd volum de precipitació diària per al període de retorn considerat obtingut d'acord amb les dades pluviomètriques definides a l'annex número 2.

P'd volum de precipitació diària corregit (mm)

El coeficient de simultaneïtat Ka es calcula mitjançant l'expressió:

$$Ka = 1 \quad \text{si } S \leq 1 \text{ km}^2$$

$$Ka = 1 - \frac{\log S}{15} \quad \text{si } S > 1 \text{ km}^2$$

On:

Ka coeficient adimensional minorador de la precipitació diària Pd

S superfície de la conca, expressada en km²

El lllindar d'escorrentiu Po' és calculat com:

$$P'o = 1.3 P_o$$

On:

P'o lllindar d'escorrentiu corregit amb el factor regional d'1.3, expressat en mm

La intensitat de precipitació I es calcula:

$$I = \frac{P'd}{24} \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{(28^{0.1} - T_c^{0.1})}{(28^{0.1} - 1)}}$$

on:

I intensitat màxima mitjana, expressada en mm/h corresponent a un xàfec amb duració igual a Tc

I₁ intensitat horària per al període de retorn considerat, que és la intensitat de precipitació per a una durada efectiva de la pluja d'una hora, expressada en mm/h

I_d intensitat mitjana diària per al període de retorn considerat, que és la intensitat de precipitació per a una durada efectiva de la pluja d'un dia, expressada en mm/h. El càlcul d' I_d el fem amb l'expressió: $I_d = \frac{P \cdot d}{24}$

En el cas de les conques de Catalunya: $I_1/I_d = 11$

T_c temps de concentració, expressat en h

2.- LLINDAR D'ESCORRENTIU P_o

El valor del paràmetre P_o depèn dels següents factors:

- Grup hidrològic del sòl
- Ús sòl
- Pendent del terreny

Aquest llindar d'escorrentiu, va afectat per un coeficient corrector regional, que depèn de la zona geogràfica on estigui ubicada la conca, i que reflexa la variació de la humitat habitual en el sòl al començament de xàfecs significatius. D'acord amb el recollit a les recomanacions tècniques de l'ACA anteriorment esmentades, el valor que cal considerar per aquest coeficient corrector a Catalunya és 1,3.

A la vigent Instrucció de Carreteras: 5.1 IC Drenaje. Orden FOM/298/2016, de 15 de febrer, BOE 10 de març de 2016, es publica una taula que adapta el mètode del número de corba del SCS a les fonts de dades detallades més actualitzades disponibles, concretament la cartografia d'usos del sòl del projecte CORINE LAND COVER de la Unió Europea. Aquesta taula ens relaciona els usos del sòl de l'esmentada cartografia, el pendent del terreny i el grup hidrològic amb el valor del paràmetre P_o .

2.1 usos del sòl

L'any 1990 es genera per primera vegada a Espanya la base de dades CORINE Land Cover, una base de dades d'ocupació del sòl per a tot el territori nacional a escala 1:100.000. L'objectiu era desenvolupar una capacitat europea pròpia d'observació del territori. S'obtindria així una cartografia de tota la superfície a escala 1:100.000 i una divisió de les ocupacions del sòl en 44 classes.

La disponibilitat d'informació homogènia per a tota Europa i la seva gran utilitat per a la realització d'anàlisis territorials i l'establiment de polítiques europees, va fer que a partir de l'any 2000 s'hagin produït diverses actualitzacions d'aquest projecte els anys 2000, 2006, 2012 i 2018, i estar inclòs a partir de 2014 dins del Programa europeu Copernicus.

No obstant això, davant la necessitat d'informació a nivell nacional a major detall, l'any 2005 es llança el projecte denominat Sistema d'Informació d'Ocupació del Sòl a Espanya (SIOSE), integrant la informació disponible per les comunitats autònomes i l'Administració General de l'Estat, generant una base de dades d'ocupació del sòl SIOSE per a tota Espanya a escala 1:25.000 amb data de referència 2005 i actualitzacions posteriors als anys de referència 2009, 2011 i 2014.

SIOSE està emmarcat dins del Pla Nacional d'Observació del Territori a Espanya (PNOT), que dirigeix i coordina l'Institut Geogràfic Nacional / Centre Nacional d'Informació Geogràfica, establint una infraestructura d'informació geoespacial de referència i d'ús multidisciplinari, actualitzada periòdicament de manera cooperativa i descentralitzada entre les administracions públiques.

Entre els avantatges del sistema SIOSE destaquem una escala de major detall: 1:25.000 de SIOSE enfront del 1:100.000 de CORINE. SIOSE permet identificar ocupacions de menor superfície que no podien ser identificades amb CORINE. Un altre dels seus avantatges és que la classificació dels usos del sòl té una major nombre de classes atesa la seva major capacitat per a identificar diferents ocupacions del territori.

En l'actualitat existeixen, a més de CORINE i SIOSE, altres programes a diferents nivells territorials (local, regional, nacional i europeu), entre els que es poden destacar a Catalunya:

- Mapa de Cobertes de Sòl de Catalunya del Centre de Recerca Ecològica y Aplicacions Forestals (CREAF) en les seves diverses edicions.
- Mapa de cobertes del sòl de Catalunya de l'ICGC, amb una resolució temàtica de 41 classes, i dates de la informació: 2009 i 2018. Aquest mapa és principalment una simplificació a 41 classes del Mapa de cobertes del sòl de Catalunya v4 de 2009 elaborat pel CREAL, a banda d'una adaptació al model de dades aprovat per la Comissió de Coordinació Cartogràfica de Catalunya que permet la comparació entre aquella geoinformació i la posterior.

El Mapa de cobertes del sòl de Catalunya del CREAL, és el que presenta un major detall en la definició de les cobertes del sòl i en la seva resolució espacial. En el cas que ens ocupa, per a la determinació del llinar d'escorrentiu Po, hem considerat que aquesta era la millor opció per a la determinació dels valors del llinar d'escorrentiu Po i el paràmetre NC.

2.2 Grup hidrològic del sòl

La determinació dels tipus de sòl presents a la zona d'estudi s'ha portat a terme mitjançant el plànol geològic a escala 1/250.000 de l'ICC. En primer lloc ha calgut classificar cada un dels tipus de substrats identificats en la cartografia geològica en un dels quatre grups hidrològics del sòl considerats. Aquesta classificació s'ha fet amb eines

SIG i seguint les taules A1.3 A1.4 A1.5 i A1.6 de les Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'ACA.

2.3 Pendent del terreny

L'altre factor que té incidència en el càlcul del valor del llindar d'escorrentiu és el pendent del terreny. En aquest cas només es consideren dues possibilitats, pendent inferior al 3% o bé igual o superior a aquest valor.

La determinació del pendent s'ha fet a partir de la base del model digital d'elevacions del terreny de Catalunya amb mida de cel·la 5x5 m de l'ICC.

2.4 Determinació de Po i NC

Mitjançant eines informàtiques SIG, s'han combinat les dades de grup del sòl, pendent, i ús del sòl, i s'ha obtingut un fitxer en format vectorial en què a cada un dels polígons resultants se li assigna un valor del paràmetre NC i Po, d'acord amb la taula recollida a la vigent Instrucció de Carreteras Drenaje. Orden FOM/298/2016.

De la integració d'aquests valors individuals de Po en tota l'extensió de la conca en estudi s'obté el valor mig ponderat del paràmetre Po per a la conca, resultant un valor mitjà de la estimació inicial del llindar d'escorrentiu :

$$Po = 61.24 \text{ mm}$$

corregint aquest valor amb el coeficient corrector regional 1.3 resulta un valor:

$$P'o = 79.61 \text{ mm}$$

3.- PLUVIOMETRIA.

A l'annex número 1 d'aquest estudi s'analitza la informació pluviomètrica disponible, i es justifiquen els valors adoptats de la precipitació màxima en 24h:

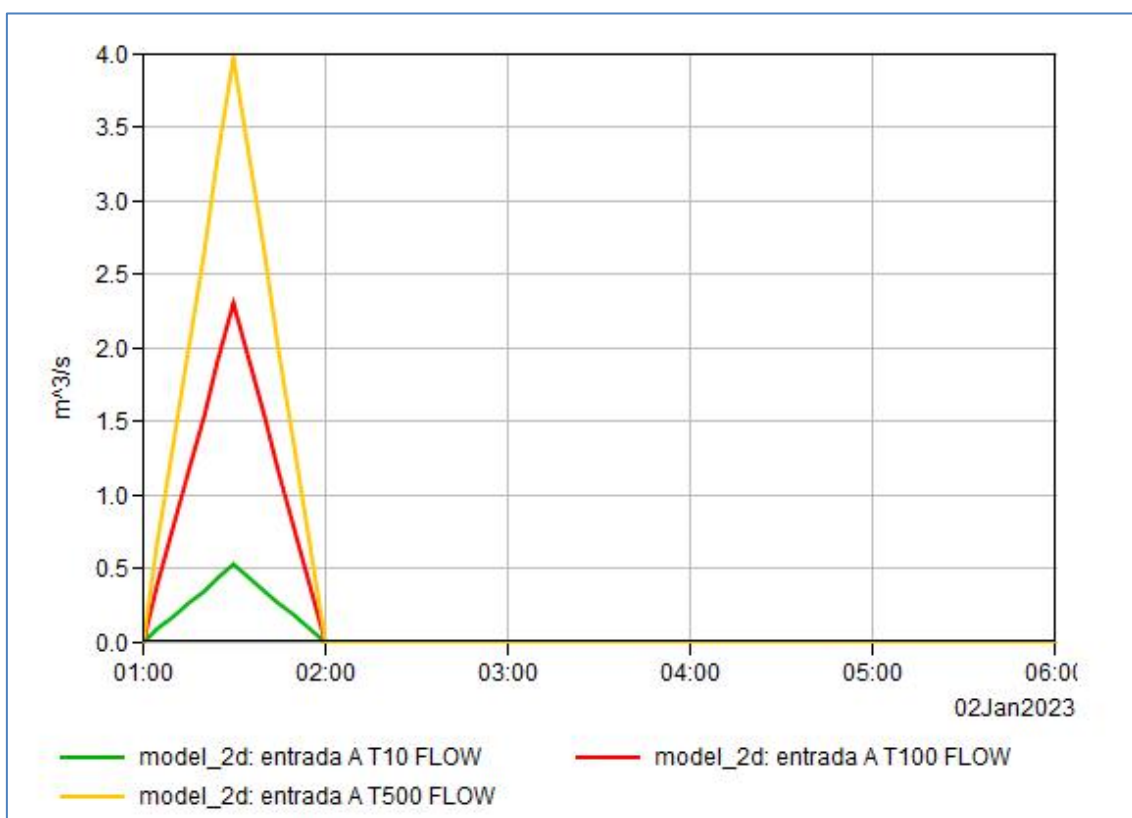
Pluviometria (dades del SMC)			
T (anys)		Prec. 24 h (mm)	Prec. 1 h (mm)
10		98.72	50.89
100		142.10	73.26
500		172.21	88.78

4.- RESULTATS.

El quadre resum dels cabals en el punt de càlcul obtinguts pel mètode racional són els següents:

T (anys)	Pd (mm)	P'd (mm)	C	I (mm/h)	Qp (m3/s)
2					
5					
10	98.72	98.72	0.04	89.66	0.52
25					
50					
100	142.10	142.10	0.12	129.06	2.30
200					
250					
500	172.21	172.21	0.17	156.41	3.96

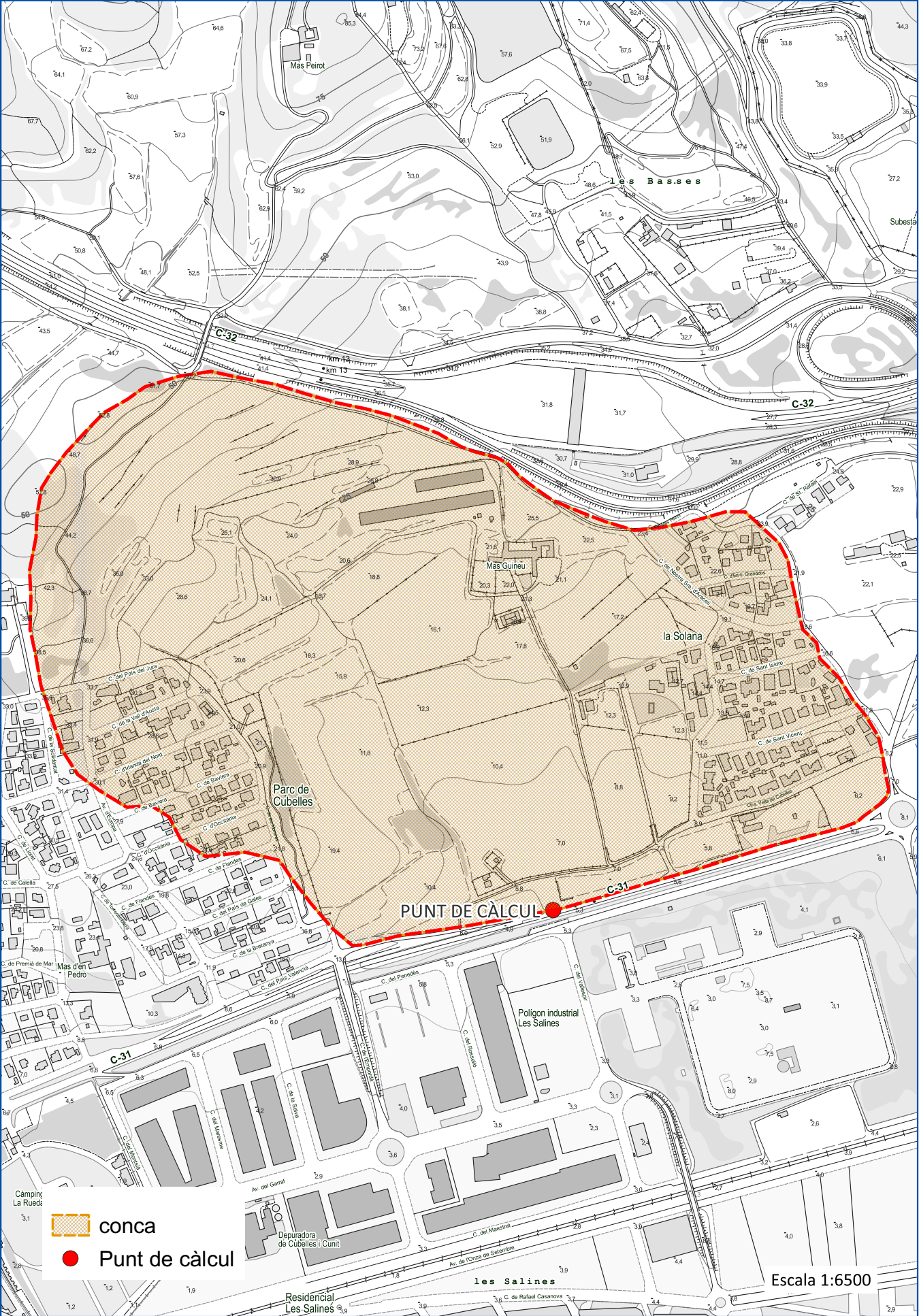
Els models hidràulics utilitzats en l'estudi de la inundabilitat, tant en el estat actual com en el previst a la proposta de planejament, són models bidimensionals en règim no permanent, aquests models requereixen com a dada d'entrada un hidrograma de cabal. Per tant hem considerat uns hidrogrames de càlcul del tipus triangular, amb una durada equivalent al doble del temps de concentració, i amb el valor punta centrat i corresponent al valor de cabal màxim obtingut amb el mètode racional:



A continuació es presenten els càlculs efectuats i la informació gràfica de les diferents dades d'aquest estudi hidrològic :

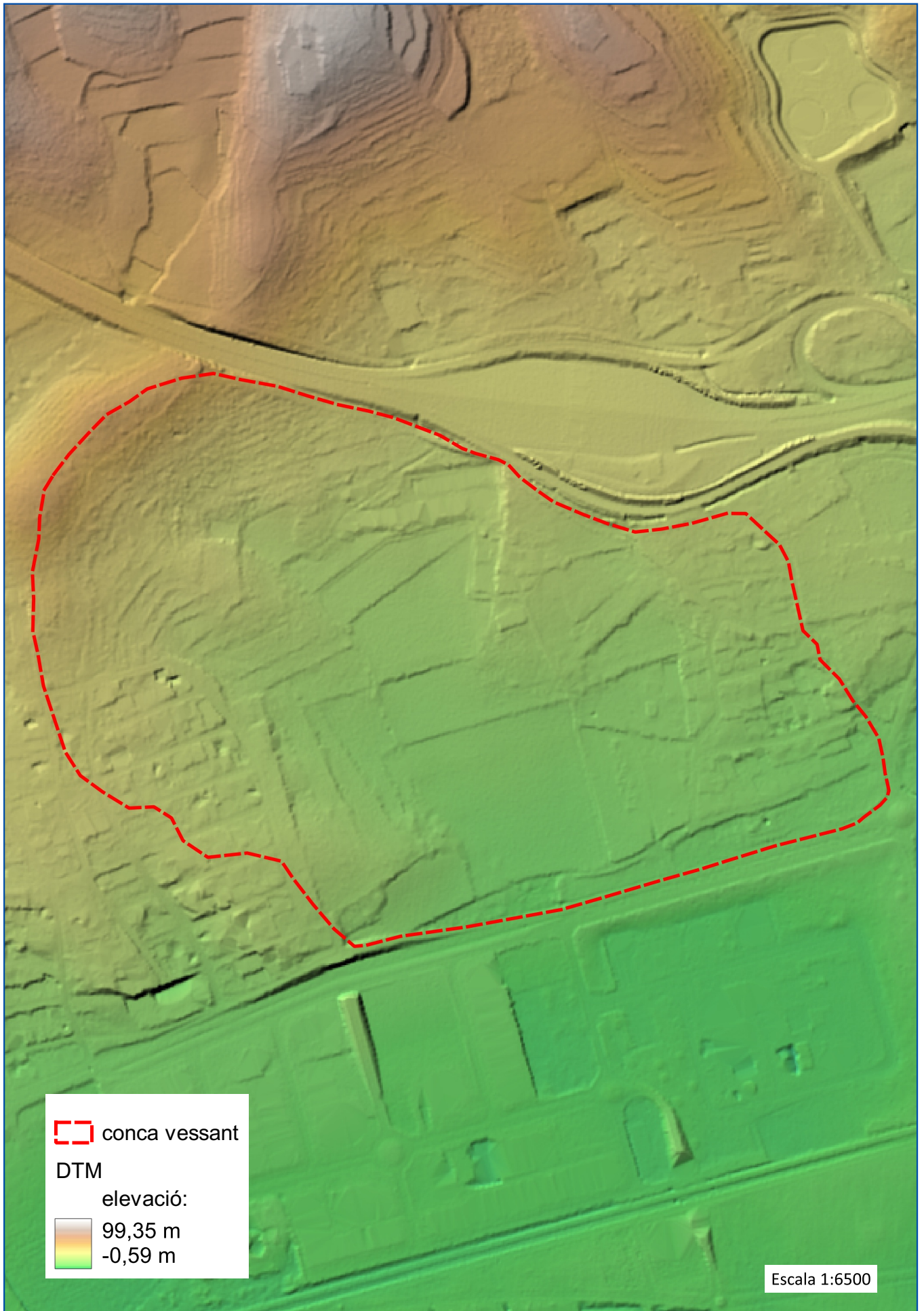
Hidrologia. Conca vessant i punt de càlcul dels cabals.

Font: ICGC



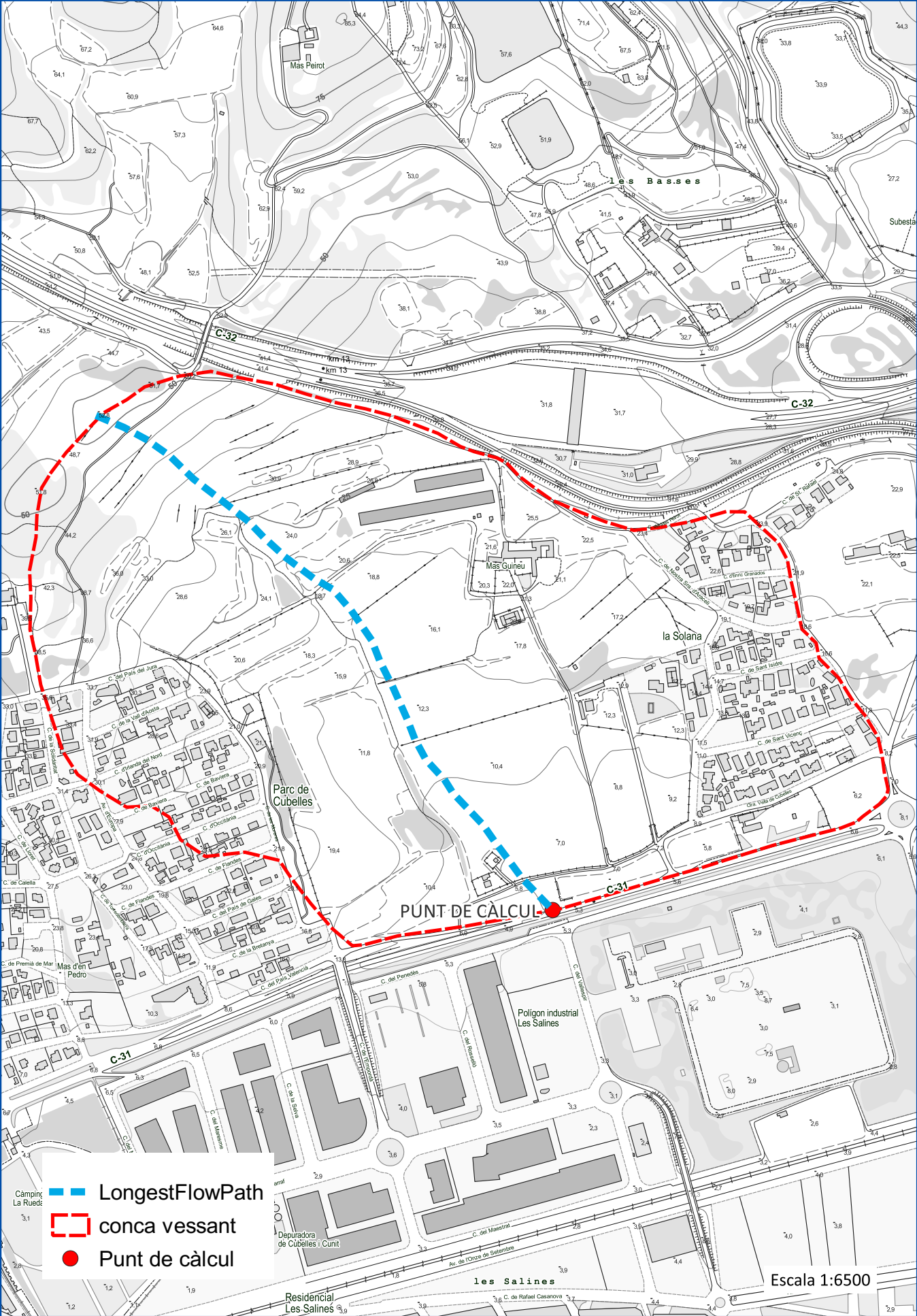
Hidrologia. Morfologia i relleu de la conca

Font: ICGC



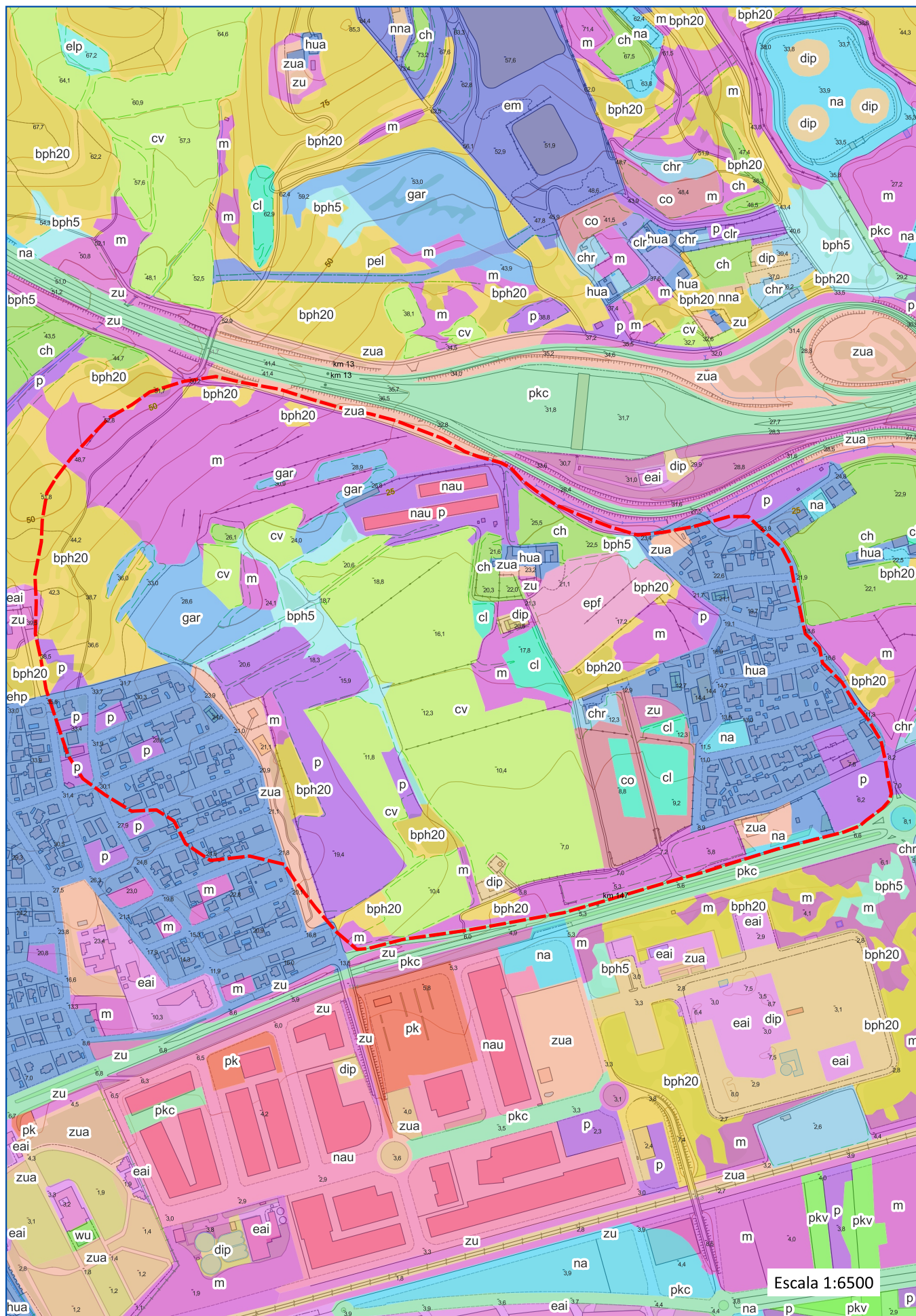
Hidrologia. Camí hidrològicament més llarg

Font: ICGC



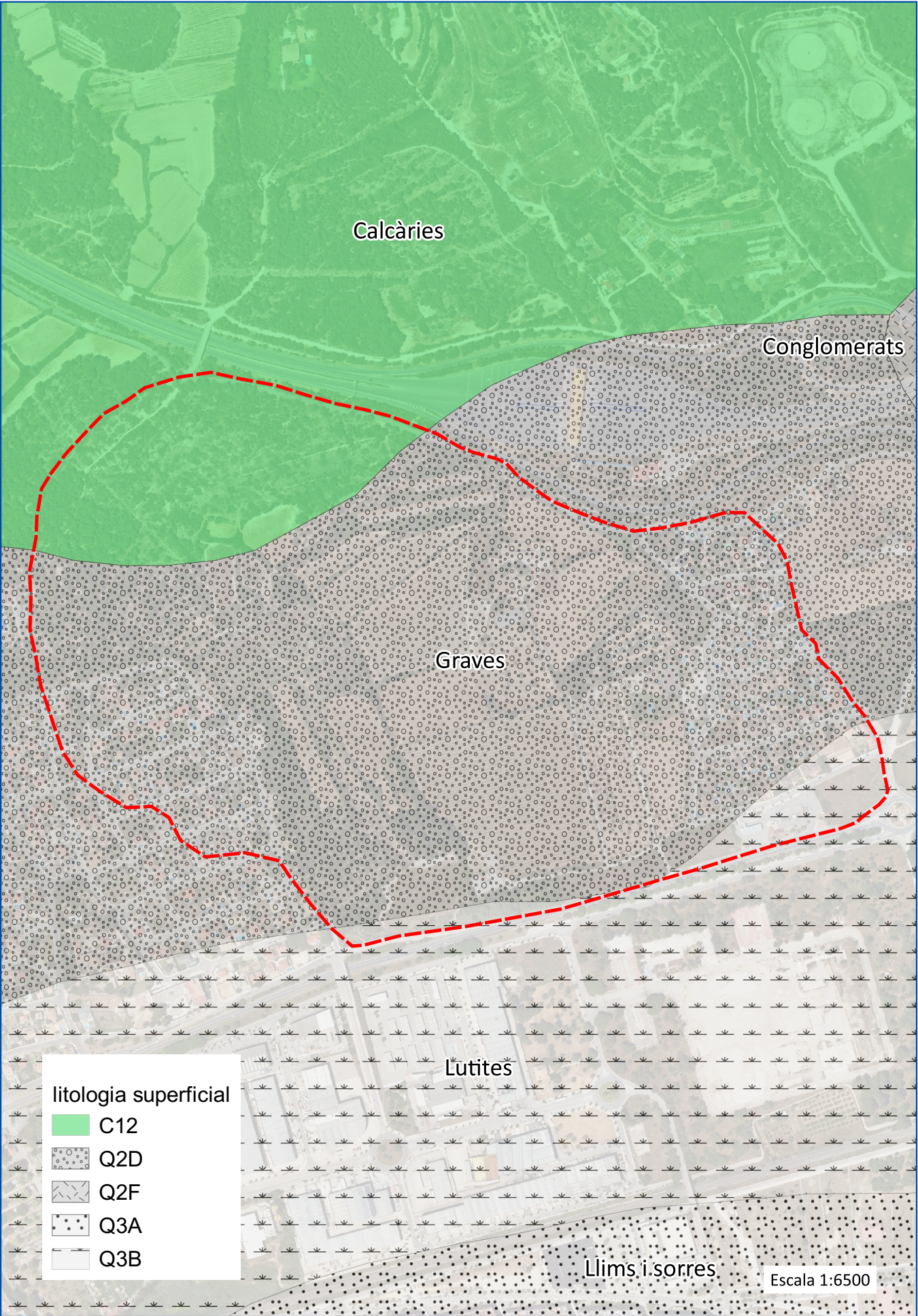
Hidrologia. Usos del sòl. Llegenda: C_SIMPLE CREAM

Font: Mapa de cobertes del sòl de Catalunya v4.CREAM



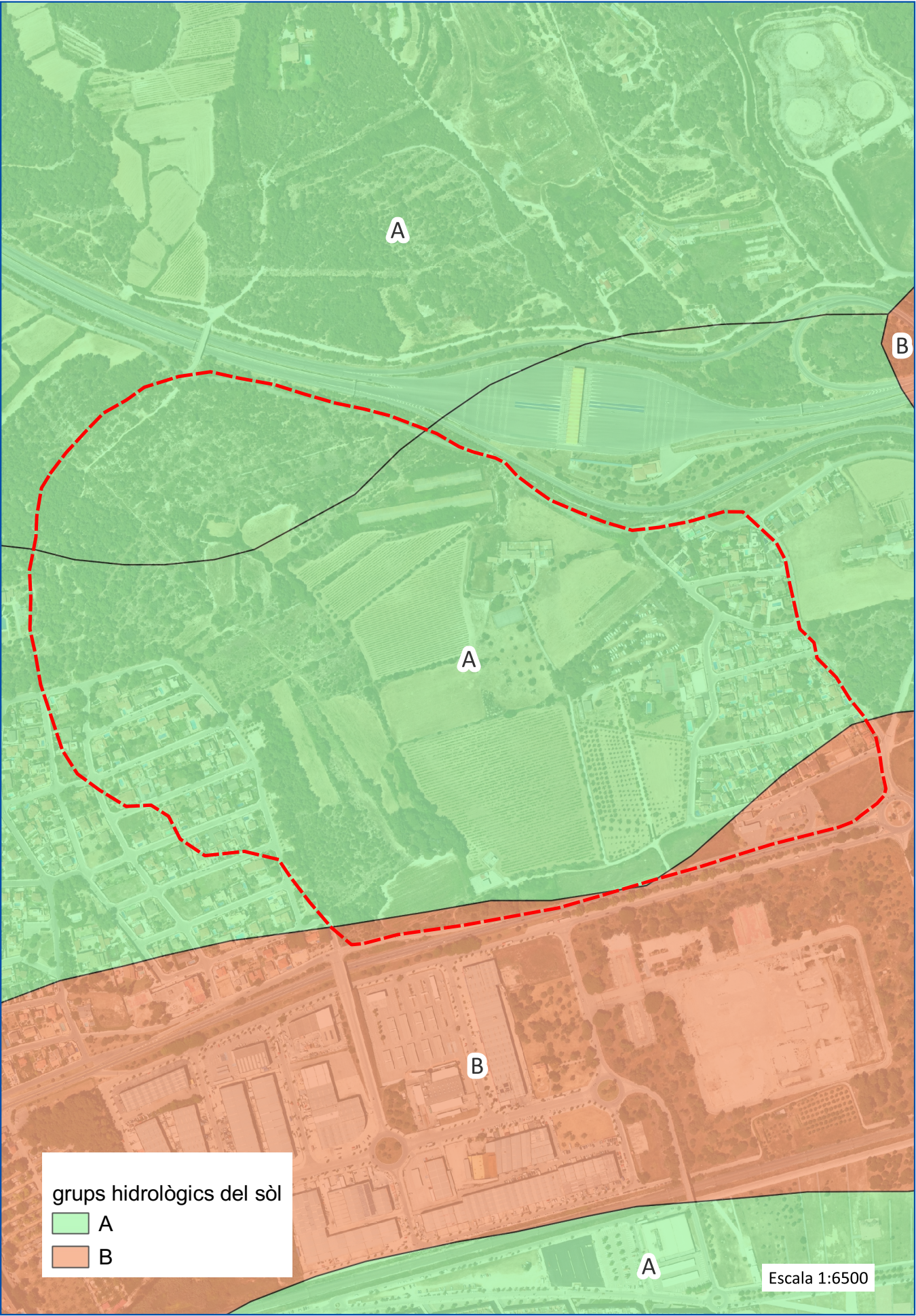
Hidrologia. Litologia superficial

Font: ICGC. Mapa geològic de Catalunya 1:250000



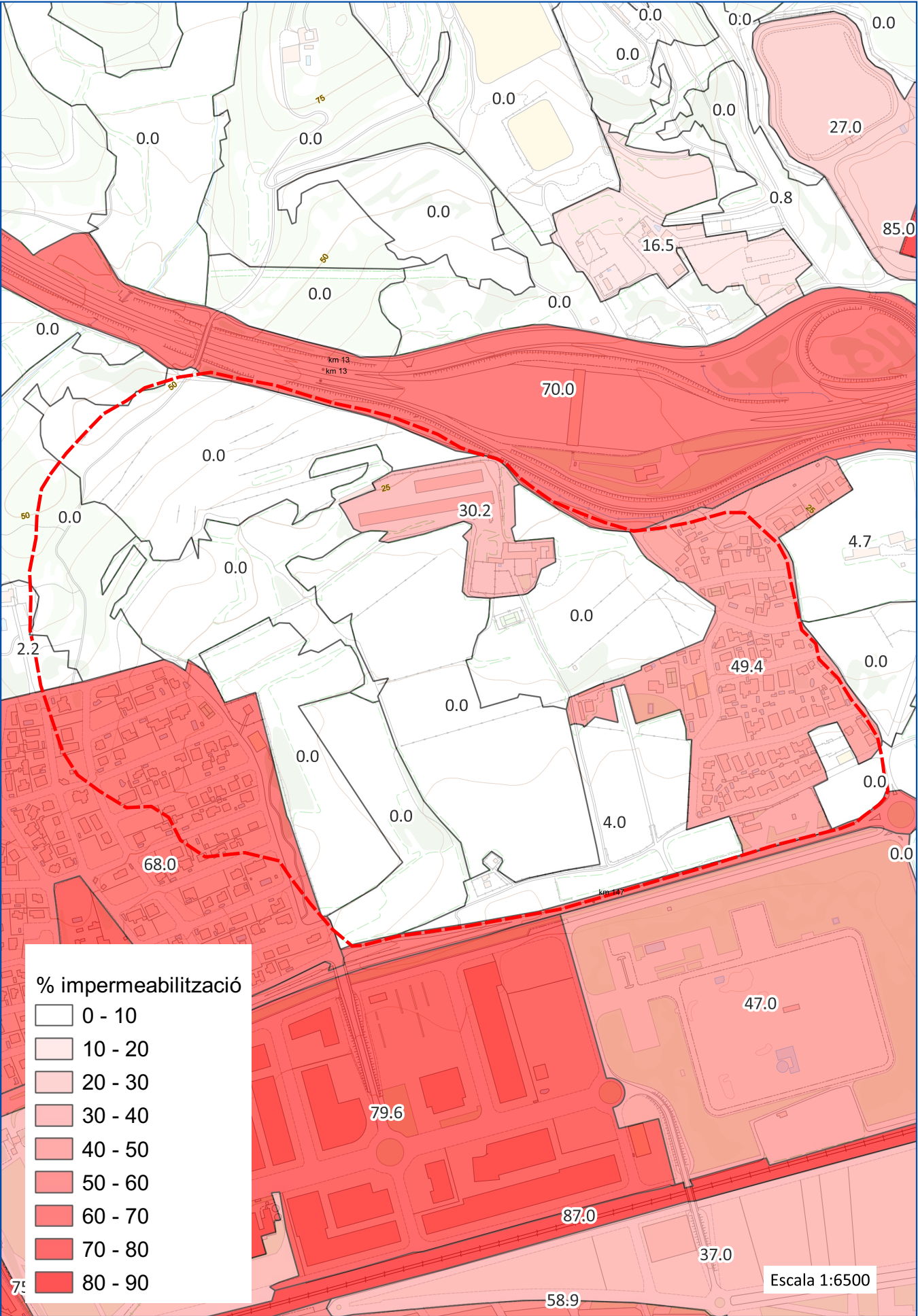
Hidrologia. Litologia superficial

Font: ICGC Mapa geològic de Catalunya 1:250000 i taules de conversió ACA.



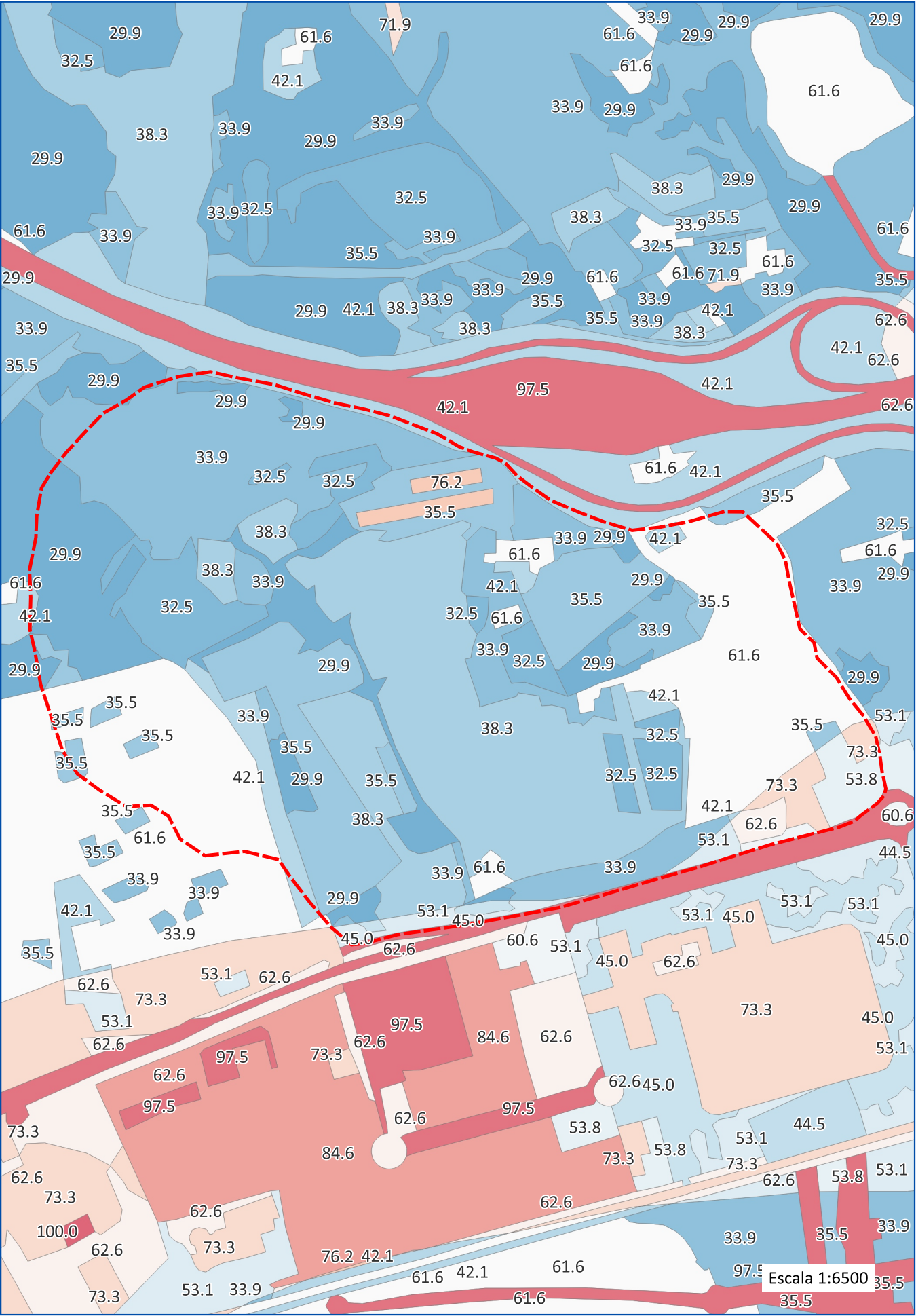
Hidrologia. Grau d'impermeabilització de la conca.

Font: SIOSE



Hidrologia. Valors del paràmetre NC

Font: Elaboració pròpia.



CÀLCUL DE CABALS PUNTA D'AVINGUDA SEGONS EL MÈTODE RACIONAL

CONCA: Torrent innominat. ANTIGA CENTRAL TÈRMICA DE CUBELLES

Morfologia de la conca:

llargada del curs principal (km)

0.866

pendent mitjà del curs principal (m/m)

0.055

superfície de la conca (km2)

0.531

Estimació inicial de Po (mm)
(sense el coef. corrector regional 1.3)

61.24

Tipus de conca:

grau d'urbanització (km2/km2)

0.161

☐ CONCA RURAL, amb grau d'urbanització no superior al 4% de l'àrea de la conca

☒ CONCA URBANITZADA, amb grau d'urbanització superior al 4% i amb clavegueram no unificat incomplet

☐ CONCA URBANA, amb grau d'urbanització superior al 4% amb clavegueram complet i curs principal canalitzat

Temps de concentració (hores)

0.30

coeficient d'uniformitat K

1.016

coeficient de simultaneïtat Ka

1.000

Resultats:

T (anys)	Pd (mm)	P'd (mm)	C	I (mm/h)	Qp (m3/s)
2					
5					
10	98.72	98.72	0.04	89.66	0.52
25					
50					
100	142.10	142.10	0.12	129.06	2.30
200					
250					
500	172.21	172.21	0.17	156.41	3.96

**ESTUDI D'INUNDABILITAT PER A LA MODIFICACIÓ PUNTUAL
DEL PLA GENERAL D'ORDENACIÓ URBANA DE CUBELLES PER A
LA TRANSFORMACIÓ DELS SÒLS DE LA CENTRAL TÈRMICA**

Annex núm. 3

Models digitals del terreny

ANNEX NÚM. 3

MODELS DIGITALS DEL TERRENY

1.- DESCRIPCIÓ

Un model digital del terreny (MDT), és un conjunt de dades estructurades que defineix la distribució espacial de l'alçada de la superfície del terreny. També rep el nom de model d'elevacions del terreny (MDE). La seva unitat bàsica és el punt acotat amb un valor de l'alçada z i els valors de les coordenades x, y . La forma de presentació d'aquesta informació, pot variar entre els formats ràster (grid, DEM, ..., etc.) o vectorial (TIN, shp, ..., etc.).

En funció de la informació que conté, es pot distingir entre:

Model Digital del Terreny (MDT). Conté la informació de cota dels punts a nivell del sòl.

Models Digitals de Superfícies. Poden incloure la vegetació (alta o baixa), viaductes, ponts, etc.

Model Digital d'Elevacions o Model d'elevacions del Terreny (MDE). Conté tota la informació dels punts del terreny natural, més les edificacions fixes, però sense els punts de la xarxa fluvial. Aquest tipus és el que habitualment s'utilitza per a la definició de la geometria dels models hidràulics.

2.- MODELS UTILITZATS

2.1 Estudi hidrològic

Per tal de delimitar la conca vessant associada al punt de càlcul, hem utilitzat metodologia implantada sobre sistema GIS. La informació bàsica de sortida per a la delimitació de les conques vessants és el model digital d'elevacions del terreny. En aquest cas hem utilitzat el model digital d'elevacions de Catalunya, de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (IGCC), en format ràster i amb una mida de cel·la de 5x5 m. Aquest mateix model ha servit per determinar el traçat de la xarxa de drenatge i les dades morfològiques per al càlcul del temps de concentració de la conca i altres paràmetres associats a la conca vessant.

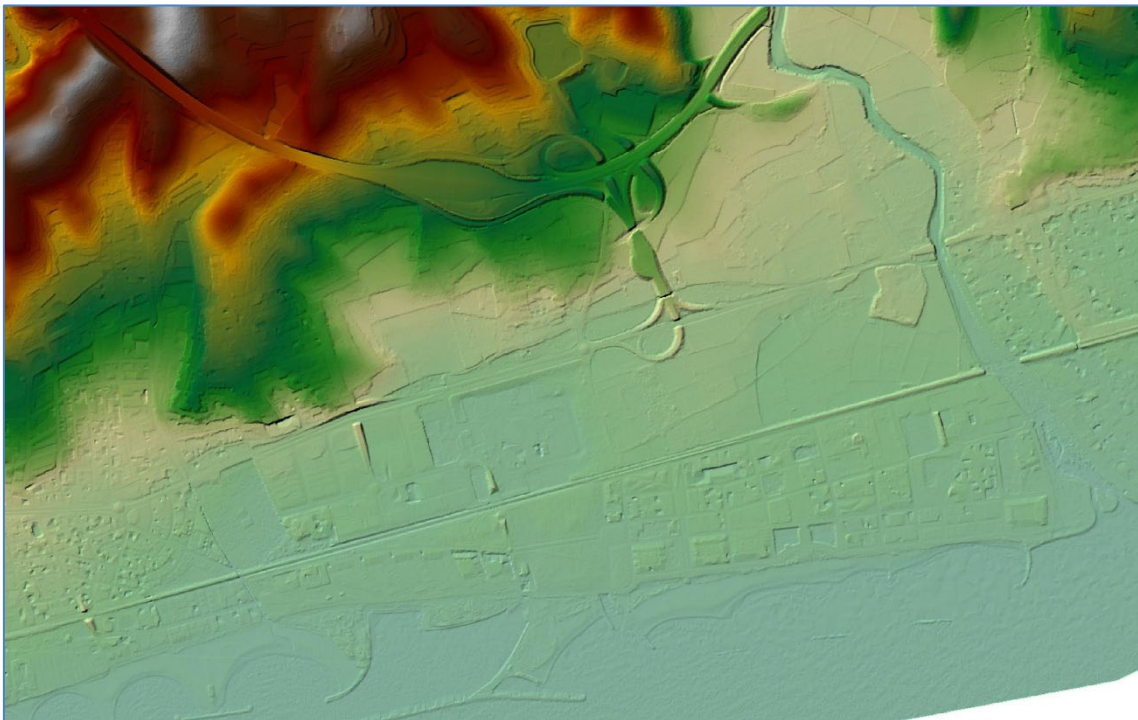
2.2 Estudi hidràulic

Per a la definició de la geometria dels models hidràulics s'han emprat dos models digitals del terreny, un per a la geometria del terreny en la situació actual, i un altre per a la prognosi de la inundabilitat en situació futura. Ambdós models parteixen i tenen com a base el model digital d'elevacions de l'ICGC de pas de malla 2x2 m.

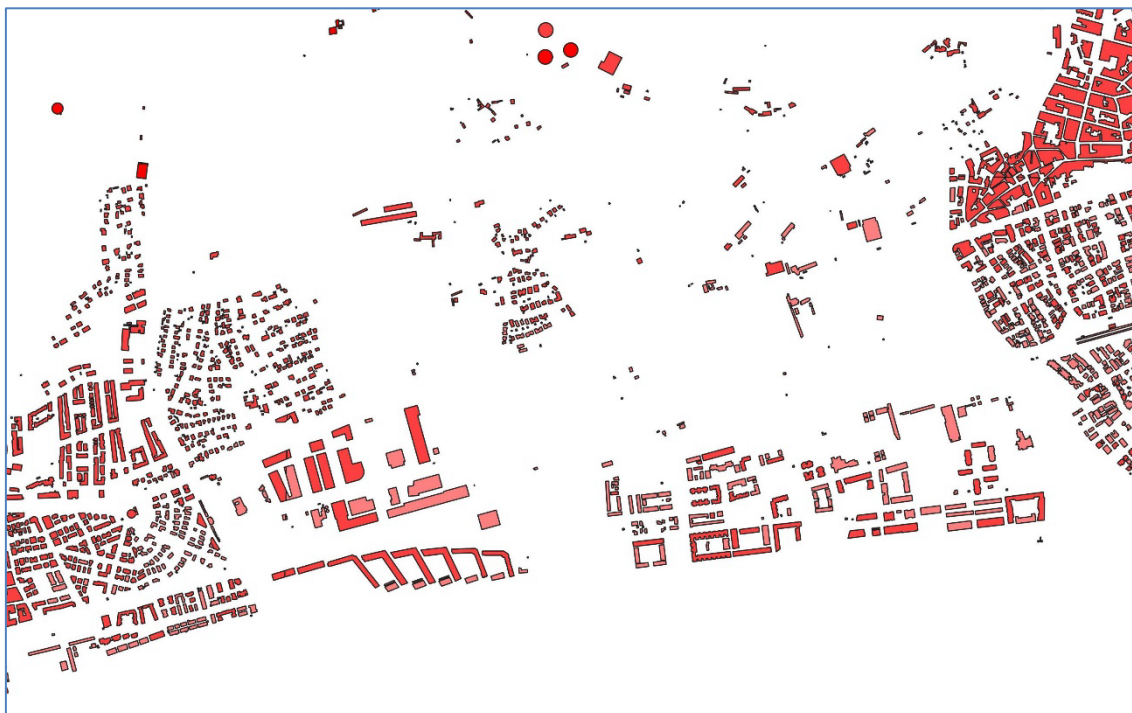
Aquesta informació corresponent al terreny natural s'ha completat amb les dades de detall de les ocupacions en planta dels edificis i les seves alçades, obtinguda a partir dels polígons d'edificacions de la cartografia 1/5000 de l'ICGC, i amb el valor de l'atribut corresponent a la seva alçada.

2.2.1 situació actual

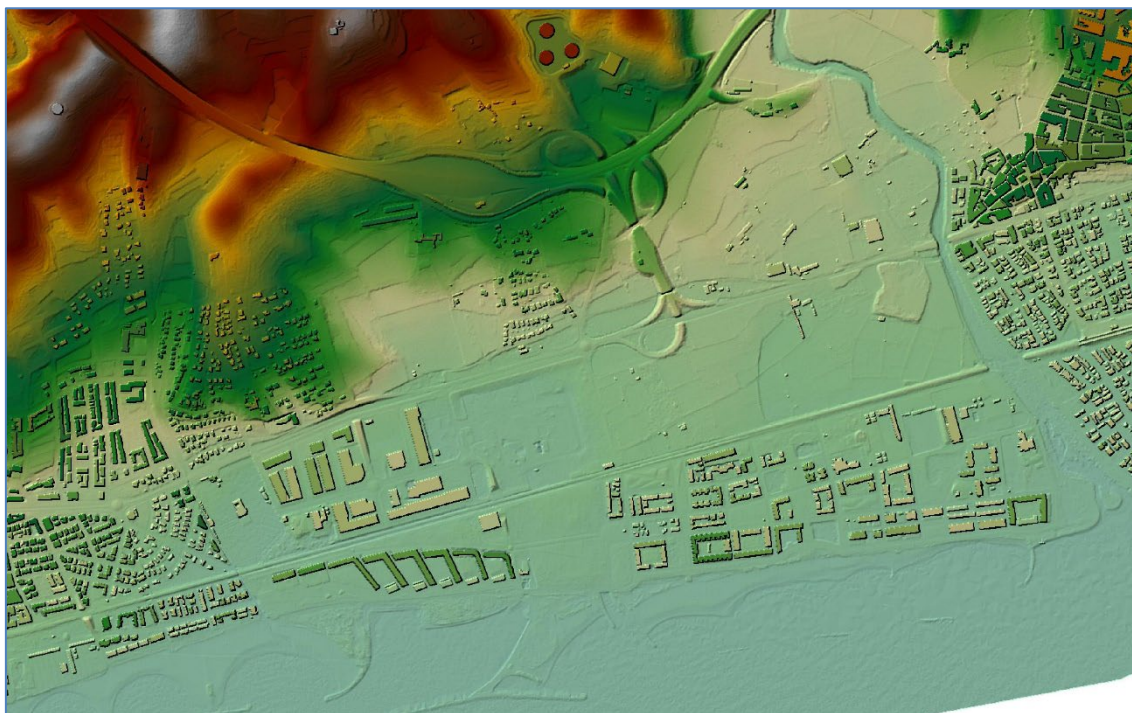
El procés per a la generació d'aquest model digital es recull en les imatges següents:



Model digital del terreny DTM (sense edificacions). Font ICGC.



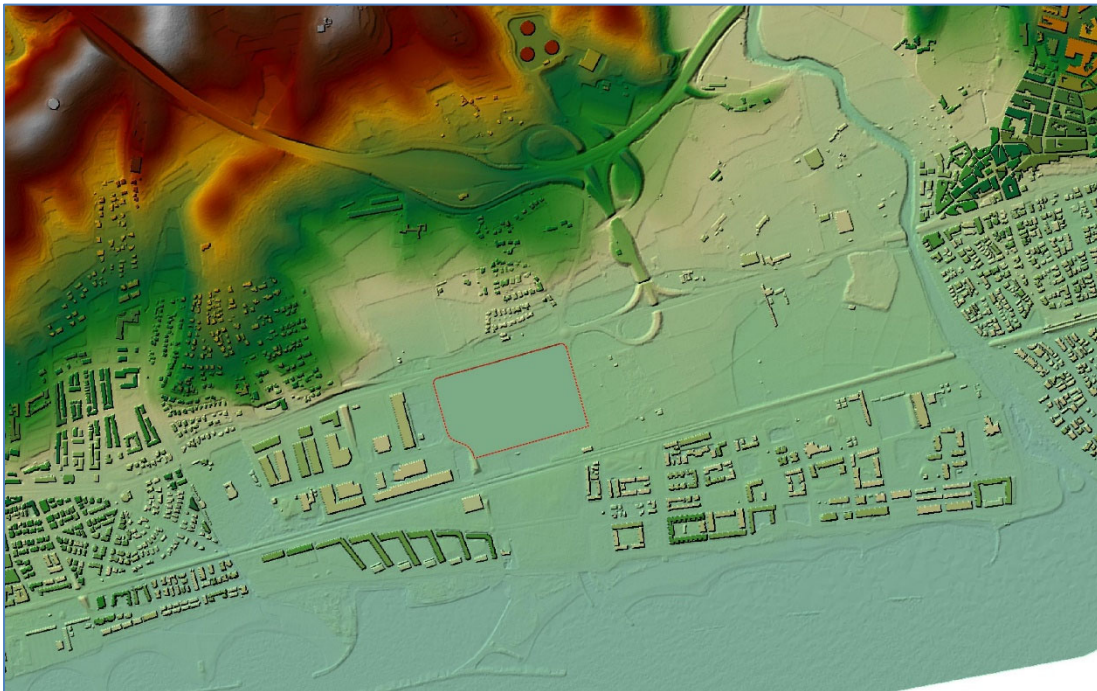
Planta i alçades de les edificacions. Font: ICGC



Model digital estat actual (DTE actual)

2.2.1 situació futura planejada

A partir de la definició geomètrica de la proposta de solució prevista, consistent en la implantació de la parcel·la industrial a una cota mínima de 3,30 msnm, s'ha generat una malla TIN en 3d que recull la superfície del terreny modificada. Mitjançant eines GIS i superposant aquesta superfície modificada, amb en model del terreny en la situació actual, es genera el model del terreny en la situació futura proposada.



Model digital en la situació prevista futura (DTE proposta)

Girona, abril de 2023

**ESTUDI D'INUNDABILITAT PER A LA MODIFICACIÓ PUNTUAL
DEL PLA GENERAL D'ORDENACIÓ URBANA DE CUBELLES PER A
LA TRANSFORMACIÓ DELS SÒLS DE LA CENTRAL TÈRMICA**

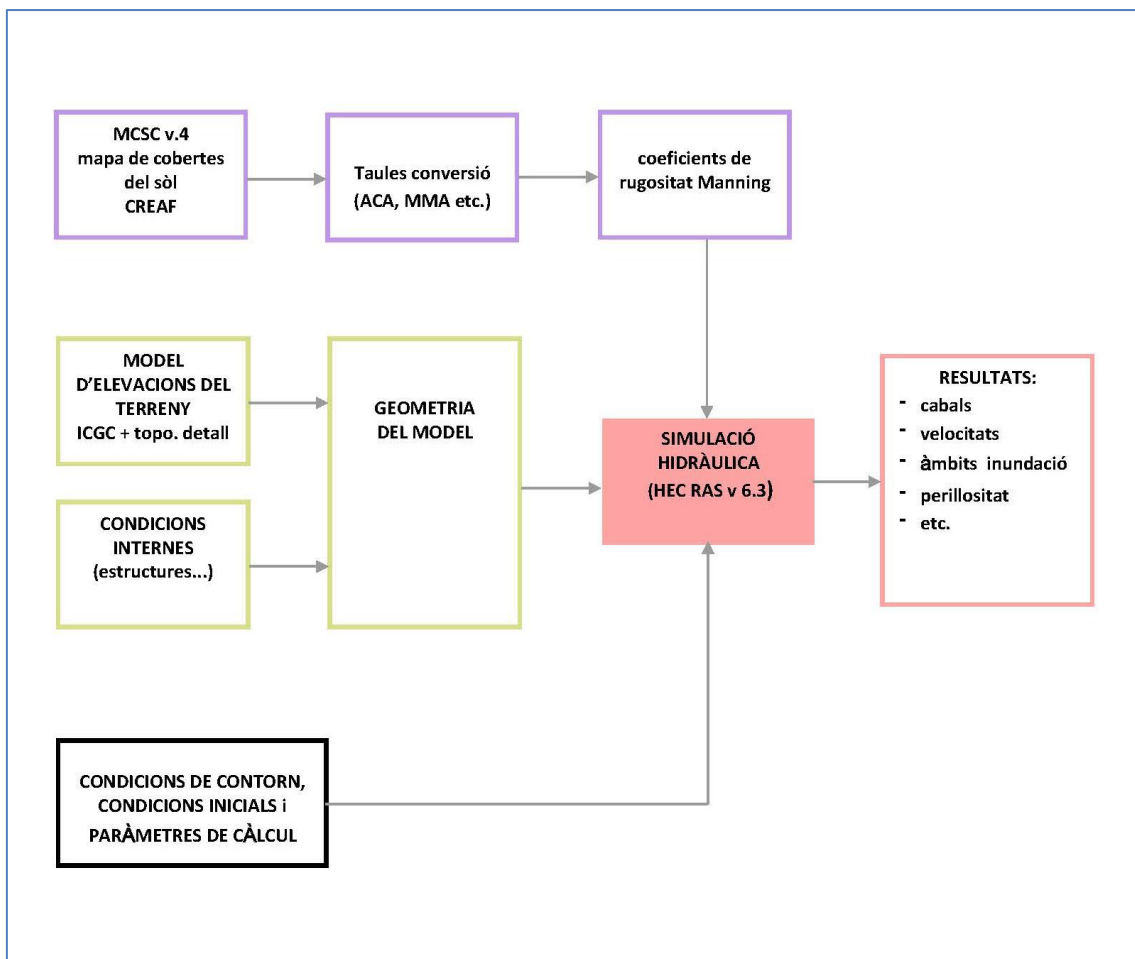
Annex núm. 4

Estudi hidràulic

ESTUDI HIDRÀULIC

1.- METODOLOGIA I DESCRIPCCIÓ DEL MODEL HIDRÀULIC UTILITZAT.

La metodologia seguida en el present estudi consisteix en simular el comportament hidràulic del corrent en les actuals condicions de la llera i dels terrenys dels marges. Aquesta simulació es porta a terme per als cabals previstos per les avingudes amb períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys. Amb aquestes simulacions s'obtenen els valors de la cota de la làmina d'aigua, i altres paràmetres hidràulics del corrent, determinant-se a partir d'aquí, l'abast de les zones inundades per a les avingudes amb els períodes de retorn considerats. Combinant els valors dels calats amb els corresponents valors de la velocitat, s'obtenen els valors de la gravetat de la inundació.



Esquema del procés de definició del model hidràulic

El model matemàtic que s'ha utilitzat per a simular el comportament hidràulic de les lleres és el que presenta el programari **HEC-RAS** "River Analysis System" en la seva versió **6.3.1** desenvolupat per l' Hidrological Engineering Center, US Army Corps of Engineers.

Característiques de la part de càlcul de flux unidimensional d'aquest programari:

El programa resol l'equació unidimensional de l'energia, en el cas de flux estacionari gradualment variat, mitjançant el procediment anomenat "standard step method". El sistema pot estudiar una xarxa completa de canals, un sistema dendrític, o un únic corrent. Així mateix pot modelar el flux subcrític, supercrític i mixt.

S'avaluen les pèrdues d'energia degudes a la fricció mitjançant l'equació de Manning, les degudes a la contracció/expansió mitjançant un coeficient multiplicat pel canvi en l'alçaria de velocitat. L'equació del moment cinètic s'utilitza en els casos en què el perfil hidràulic és ràpidament variat, aquestes situacions inclouen càlculs de règim mixt (ressalts hidràulics), hidràulica de ponts i avaluació de perfils en confluències de corrents.

Els efectes de les diferents obstruccions com ponts, canonades, sobreeixidors i altres estructures del canal poden ésser considerades en el càlcul. El model hidrodinàmic del programari HEC-RAS, està dissenyat per a la seva utilització, entre d'altres, en estudis de zones i planes d'inundació, per estudis de seguretat en front de les avingudes i per avaluar el canvi en el perfil de la làmina d'aigua provocat per obres de millora i per endegaments de lleres.

Les principals hipòtesis assumides en el model HEC-RAS són:

- Permet el càlcul del flux estacionari i del no estacionari, pot haver-hi variació del cabal, calat i de la velocitat en una secció determinada amb el pas del temps.
- Flux gradualment variat: la profunditat de l'aigua no canvia sobtadament en distàncies curtes.
- Flux unidimensional, la única component de la velocitat és la de la direcció del flux.
- Pendants "petits", menors de 0.1
- Contorns rígids, generalment en casos com el que ens ocupa no es té en compte la possible erosió o sedimentació en la llera.

El procediment que hem seguit per a l'elaboració del model hidràulic unidimensional és el següent:

- Definició i delimitació de la geometria del model, això és: eix del corrent, situació i abast de les seccions transversals, definició dels marges, zones on el flux està bloquejat i zones de flux inefectiu.
- Extracció automàtica mitjançant eines GIS de les dades d'altimetria de la geometria del model, a partir de les dades del model digital d'elevacions del terreny.
- Refinament posterior de forma manual d'aquesta geometria "en brut". S'eliminen punts duplicats o molt pròxims, s'afegeixen els valors dels coeficients hidràulics, i es modifiquen els elements que es consideri necessari per tal que el model reflexi correctament el comportament del corrent. Aquesta geometria és la que ens configura el model hidràulic del comportament del corrent en estat natural, és dir sense cap element artificial que modifiqui el seu comportament hidràulic (ponts, sobreeixidors, guals, assuts... etc.).
- Posteriorment s'introdueixen en el model les diverses estructures artificials tipus ponts, obres de pas, canalitzacions, assuts, sobreeixidors... etc. El model resultant

ens representa el funcionament hidràulic en estat actual i/o en les situacions futures previstes.

- Introducció dels valors dels cabals en règim permanent (o no estacionari si és el cas) corresponents a les avingudes amb els períodes de retorn que es considerin.
- Per a cada una de les situacions de flux definides anteriorment cal considerar les condicions de contorn corresponents. Les condicions de control s'obtenen a partir de dades de calat i de pendent d'energia conegudes o estimades en determinades seccions en funció de quin sigui el règim hidràulic.

A partir de la versió 5.0 (actualment 6.01) l'Hec ha afegit la capacitat de realitzar simulacions hidràuliques bidimensionals basant-se en el mòdul d'anàlisi de flux no permanent d'HEC-RAS. L'usuari pot efectuar modelitzacions de flux no permanent de caràcter unidimensional, bidimensional (a través de les equacions de Saint Venant o de les equacions d'ona difusiva), i també una combinació d'ambdues.

Característiques de la versió bidimensional del programari HEC-RAS:

Les zones bidimensionals en HEC-RAS poden ser útils en un gran nombre de casos i situacions:

- Modelització de detall d'un canal en 2d
- Modelització de detall del canal i marges d'inundació en 2d.
- Combinació d'anàlisi 1d en canals i 2d en planes d'inundació.
- Combinació d'anàlisi 1d en canals i zones de flux 2d darrere de motes
- Connectar de manera directa lleres 1d cap a zones de flux 2d
- Connectar de manera directa zones de flux 2d amb un element de retenció 1d mitjançant una estructura hidràulica
- Múltiples zones de flux 2d en una mateixa geometria
- Connectar de manera directa múltiples zones de flux 2d entre si mitjançant estructures hidràuliques
- Anàlisi de trencament de preses, basses i motes amb diferents nivells de detall
- Fluxos en règim mixt. El mòdul 2d és capaç de modelitzar en règim subcrític, supercrític i les transicions entre ells mitjançant rabeigs i ressalts hidràulics.

La modelització en 2d s'aconsegueix afegint elements que representen les zones de flux 2d de la mateixa manera com s'afegeixen les àrees o zones de retenció o emmagatzematge.

Una zona de flux 2d s'incorpora en el model dibuixant un polígon tancat que delimita la zona, generant en ell la malla de càlcul i connectant aquesta zona 2d amb els elements 1d del model i/o implementant condicions de contorn a la zona bidimensional.

Capacitats i avantatges de les modelitzacions de flux bidimensional HEC-RAS:

- Pot efectuar simulacions 1d, 2d i combinant ambdues. HEC-RAS pot realitzar simulacions unidimensionals, bidimensionals (sense elements 1d) i combinar ambdues possibilitats
- Resolució en 2d per equacions completes de Saint Venant o per ona difusiva.
- Solució d'algoritme implícit de volums finits. Per a la solució de les equacions de flux 2d no permanent el programa usa un algoritme implícit de volums finits.
- Resolució sincronitzada 1d i 2d de l'algoritme de càlcul.
- Utilització de malles estructurades i no estructurades. El programari s'ha dissenyat per poder calcular utilitzant tant malles estructurades com no estructurades.
- Classificació de les característiques hidràuliques detallades per a cel·les i les seves arestes. Les cel·les en HEC-RAS no tenen per què conformar una superfície plana, ni les seves arestes ni vores tenen per què ser línies rectes amb una sola cota o elevació. Al contrari, cada cel·la i arestes s'emmotllen detalladament al terreny subjacent. A aquest tipus de models se'ls sol referir en la literatura com a "models de submalla d'alta resolució". El terme submalla significa que s'usa una informació detallada subjacent o de "fons" del terreny per establir mitjançant un pre-procés unes taules de propietats geomètriques i hidràuliques que caracteritzin les cel·les i les seves arestes basant-se en aquest terreny subjacent.
- Mapes detallats d'inundació i generació d'animacions. A través de l'aplicació RasMapper es poden compondre mapes d'inundació així com vídeos animats del seu desenvolupament. La representació gràfica de les zones de flux 2d està basada en el MDE del terreny, amb el que la superfície inundada es basa en el terreny i no en la grandària de la malla.

El resum del procés de realització de un model no permanent combinat 1d/2d amb HEC-RAS és:

- Establir un Sistema de Projecció de Coordenades Horitzontals per al model.
- Desenvolupar un model del terreny en RAS Mapper.
- Compondre una classificació d'usos de sòl en RAS Mapper per imposar els coeficients de rugositat de Manning a les zones de flux 2d.
- Afegir qualsevol capa addicional que pugui ser d'utilitat per a les visualitzacions.
- Dibuixar el perímetre poligonal de totes les zones 2d que calgui implementar en el model, o bé importar les coordenades XY d'aquest.
- Traçar les línies de trencament a les zones 2d que representin elements significatius per a la circulació del flux com dics, terraplens, elevacions, motes, estructures, etc...
- Crear la malla computacional per a cada zona 2d.
- Editar la malla 2d a fi de millorar-la.

- Córrer el preprocessador 2d en RAS Mapper i crear les taules de propietats hidràuliques de cel·les i arestes.
- Connectar les zones de flux 2d amb els elements hidràulics 1d.
- Afegir qualsevol estructura hidràulica addicional a les zones 2d.
- Dibuixar les línies de condicions de contorns externes al llarg del perímetre de les zones 2d
- Dibuixar o importar les línies de les condicions internes.
- Introduir totes les condicions inicials i de contorn.
- Configurar totes les opcions computacionals necessàries .
- Calcular la simulació i revisar els resultats combinats 1d/2d en RAS Mapper, així com utilitzar les possibilitats de visualització de resultats per a les parts 1d del model.

Descripció del model 2d elaborat:

Les condicions de càlcul del model, temps de simulació, interval de càlcul, i altres paràmetres són:

Unsteady Flow Analysis

File Options Help

Plan: ACTUAL T500 Short ID: A T500

Geometry File: model_2D ACTUAL

Unsteady Flow File: T500_racional

Programs to Run

- ☒ Geometry Preprocessor
- ☒ Unsteady Flow Simulation
- ☐ Sediment
- ☒ Post Processor
- ☒ Floodplain Mapping

Plan Description

Simulation Time Window

Starting Date: 02JAN2023 Starting Time: 01:00

Ending Date: 02JAN2023 Ending Time: 06:00

Computation Settings

Computation Interval: 1 Second Hydrograph Output Interval: 5 Minute

Mapping Output Interval: 5 Minute Detailed Output Interval: 5 Minute

Project DSS Filename: C:\PROJECTES\CUBELLES\RAS_FILES\cubelles.dss

Compute

HEC-RAS Unsteady Computation Options and Tolerances

General | 2D Flow Options | 1D/2D Options | Advanced Time Step Control | 1D Mixed Flow Options

1D Unsteady Flow Options

Theta [implicit weighting factor] (0.6-1.0): 1.

Theta for warm up [implicit weighting factor] (0.6-1.0): 1.

Water surface calculation tolerance [max=0.06](m): 0.006

Storage Area elevation tolerance [max=0.06](m): 0.006

Flow calculation tolerance [optional] (m3/s):

Max error in water surface solution (Abort Tolerance)(m): 30.

Maximum number of iterations (0-40): 20

Maximum iterations without improvement (0-40):

1D/2D Unsteady Flow Options

Number of warm up time steps (0 - 100,000): 0

Time step during warm up period (hrs): 0.0

Minimum time step for time slicing (hrs): 0.0

Maximum number of time slices: 20

Lateral Structure flow stability factor (1.0-3.0): 2.

Inline Structure flow stability factor (1.0-3.0): 1.

Weir flow submergence decay exponent (1.0-3.0): 1.

Gate flow submergence decay exponent (1.0-3.0): 1.

Gravity (m/s^2): 9.80665

Wind Forces

Reference Frame: Eulerian

Drag Formulation: Hsu (1988)

Geometry Preprocessor Options

Family of Rating Curves for Internal Boundaries

☒ Use existing internal boundary tables when possible.

☐ Recompute at all internal boundaries

1D Numerical Solution

☒ Finite Difference (classic HEC-RAS methodology)

Finite Difference Matrix Solver

☒ Skyline/Gaussian (Default: faster for dendritic systems)

☐ Pardiso (Optional: may be faster for large interconnected systems)

☐ Finite Volume (Beta)

Number of cores to use with Pardiso solver: All Available

OK Cancel Defaults ...

HEC-RAS Unsteady Computation Options and Tolerances

General | 2D Flow Options | 1D/2D Options | Advanced Time Step Control | 1D Mixed Flow Options

☐ Use Coriolis Effects (not used with Diffusion Wave equation)

Parameter	(Default)	model_2d
1 Theta (0.5-1.0)	1	1
2 Theta Warmup (0.5-1.0)	1	1
3 Water Surface Tolerance [max=0.06](m)	0.003	0.003
4 Volume Tolerance (m)	0.003	0.003
5 Maximum Iterations	20	20
6 Equation Set	Diffusion Wave	Diffusion Wave
7 Initial Conditions Time (hrs)		
8 Initial Conditions Ramp Up Fraction (0-1)	0.1	0.1
9 Number of Time Slices (Integer Value)	1	1
10 Turbulence Model	None	None
11 Longitudinal Mixing Coefficient	0.5	0.5
12 Transverse Mixing Coefficient	0.1	0.1
13 Smagorinsky Coefficient	0.05	0.05
14 Boundary Condition Volume Check	☐	☐
15 Latitude for Coriolis (-90 to 90)		
16 Solver Cores	All Available	All Available
17 Matrix Solver	PARDISO (Direct)	PARDISO (Direct)
18 Convergence Tolerance	0.00001	0.00001
19 Minimum Iterations	3	3
20 Maximum Iterations	30	30
21 Restart Iteration	10	10
22 Relaxation Factor	1.5	1.5
23 SOR Preconditioner Iterations	10	10

OK Cancel Defaults ...

El pas de la malla de càlcul utilitzada en el model bidimensional és de 5 x 5 m, la mida d'aquesta malla disminueix per adaptar-se a les diferents línies de trencament que ajuden a delimitar el relleu del terreny la zona de la llera, els marges i les zones pròximes. La resolució del model del terreny és de 2 x 2 m.

2D Flow Areas

2D Flow Area: 

Connections and References to this 2D Flow Area

BCLine: entrada	BCLine: sortida oest	BCLine: sortida sud	BCLine: sortida est
-----------------	----------------------	---------------------	---------------------

Default Manning's n Value:

Cell Volume Filter Tol (0=OFF)(m):

Cell Minimum Surface Area Fraction (0=OFF):

Face Profile Filter Tol (0=OFF)(m):

Face Area-Elev Filter Tol (0=OFF)(m):

Face Conveyance Tol Ratio (min=0.0001):

Face Laminar Depth (0=OFF)(m):

☐ Spatially Varied Manning's n on Faces

2D Flow Area Computation Points

Mesh contains: 51421 cells
max cell(44908) = 52.30(m²)
min cell = 1.97(m²)
avg cell = 24.10(m²)

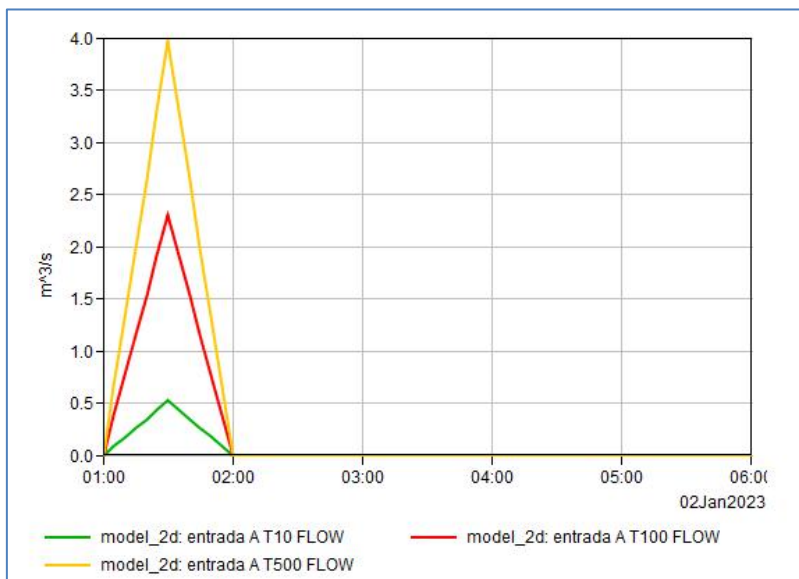
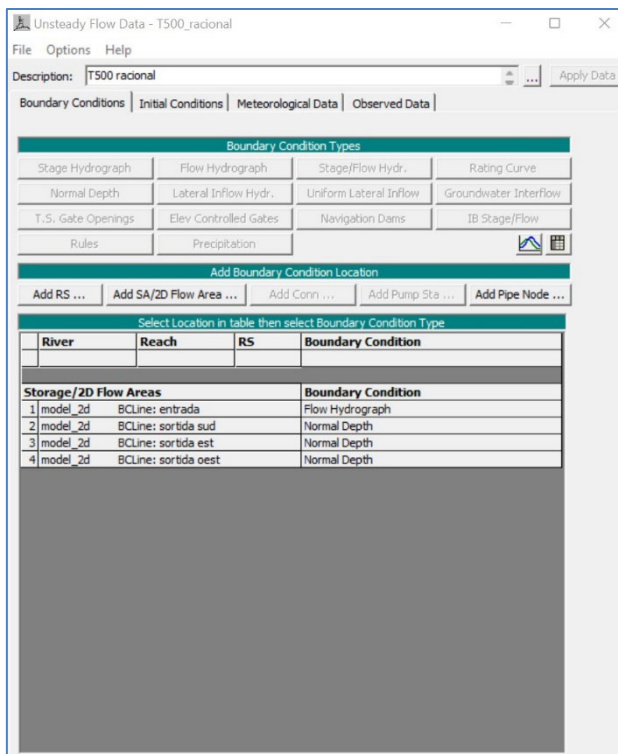
Els valors de la rugositat utilitzats en el model 2d es basen en uns fitxers en format shapefile, elaborats a partir de les dades del mapa d'usos del sòl de Catalunya, del CREA. Més endavant ens justificarà àmpliament aquesta qüestió.

2.- CONDICIONS DE CONTORN.

Els models hidràulics 2d són, bàsicament, models en règim no permanent en els quals els valors del cabal i altres variables hidràuliques varien amb el temps. La informació que requereixen dels cabals d'entrada són hidrogrames, que ens descriuen la variació del cabal en funció del temps.

Aquest model té com a condicions de contorn d'entrada, els hidrogrames de cabal corresponent als diversos períodes de retorn, amb un pendent de la línia d'energia $i = 0.02$

Les condicions de sortida corresponen a la situació de nivell normal, amb un pendent de la línia d'energia $i = 0.005$



3.- MODELS DIGITALS DEL TERRENY.

A la memòria del present estudi i a l'annex número 3 es descriuen els models digitals del terreny utilitzats, així com la metodologia emprada per a la seva elaboració.

4.- RUGOSITAT.

Un dels factors més importants per a una correcta modelització hidràulica és la definició de la rugositat dels elements que conformen el model utilitzat. En el nostre cas, per a la definició de la rugositat utilitzarem el valor del coeficient n de Manning.

El model HEC RAS, a través de la aplicació RasMapper, permet la introducció dels valors de la rugositat a través d'un fitxer tipus shapefile, permetent d'aquesta manera una definició dels valors de la rugositat tant detallada com es vulgui.

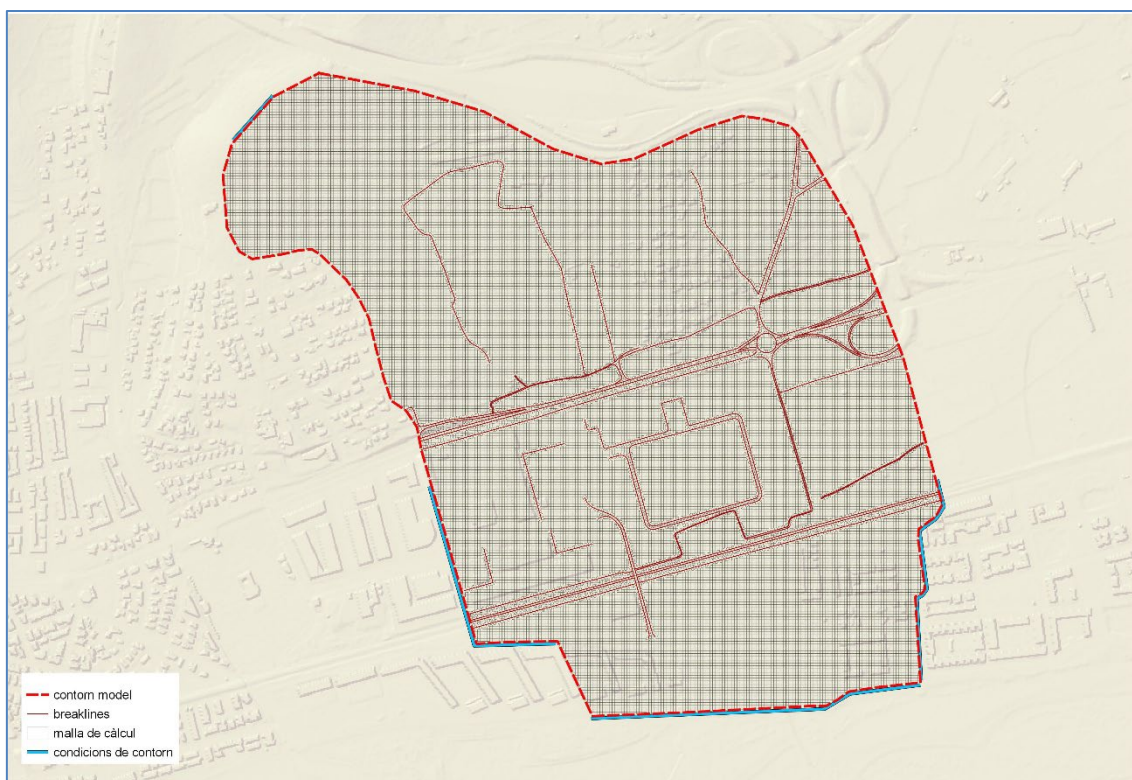
La definició dels usos del sòl de l'àmbit de l'estudi s'ha obtingut del mapa de cobertes del sòl de Catalunya del CREA, 4a. edició, en format shapefile.

La llegenda de cobertura simple (C_SIMPLE) del mapa de cobertes del sòl, 4a. edició del CREA, està relacionada de amb la classificació de cobertes del SIOSE (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España).

El Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, en la seva publicació "GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFIA DE ZONAS INUNDABLES", en el seu annex V proposa unes taules que relacionen el valor del coeficient de rugositat n de Manning, amb les cobertures d'usos del sòl del SIOSE i CLC2000 (Corine Land Cover 2000). A partir d'aquests valors i de la relació entre els usos del sòl SIOSE i CREA, s'ha preparat la taula que ens assigna els valors de n de Manning al les diferents cobertes del sòl del CREA.

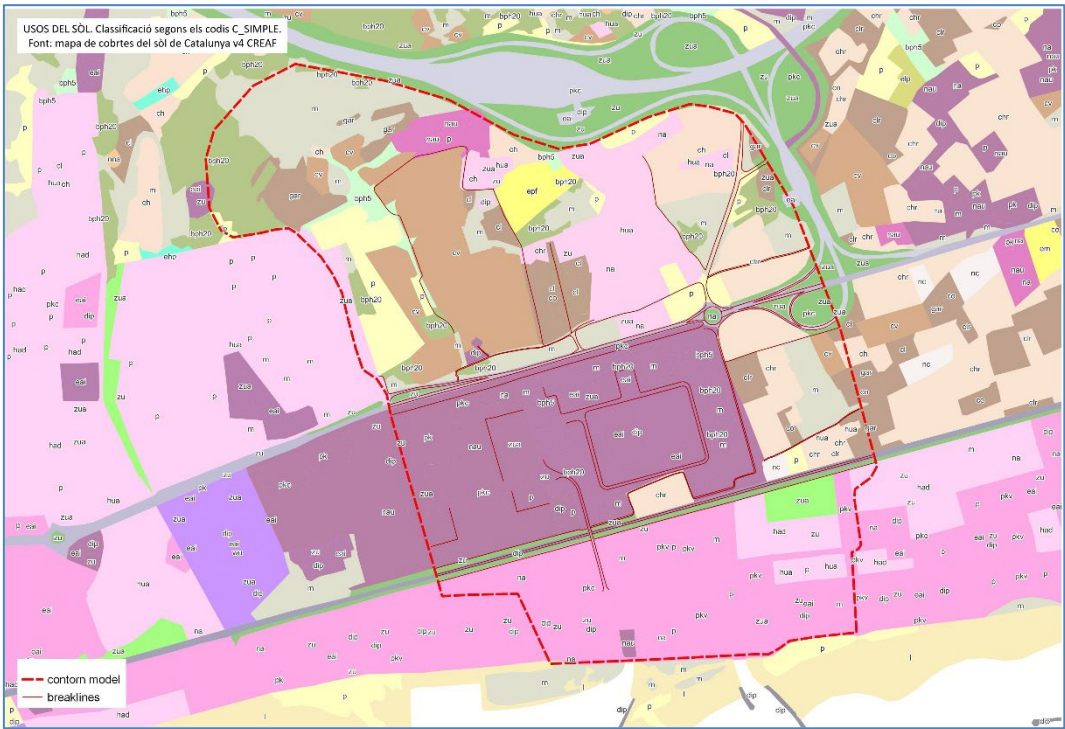
5.- MODEL HIDRÀULIC EN SITUACIÓ ACTUAL

Per a la diagnosi de la situació actual s'ha configurat un model hidràulic amb les següents característiques geomètriques:

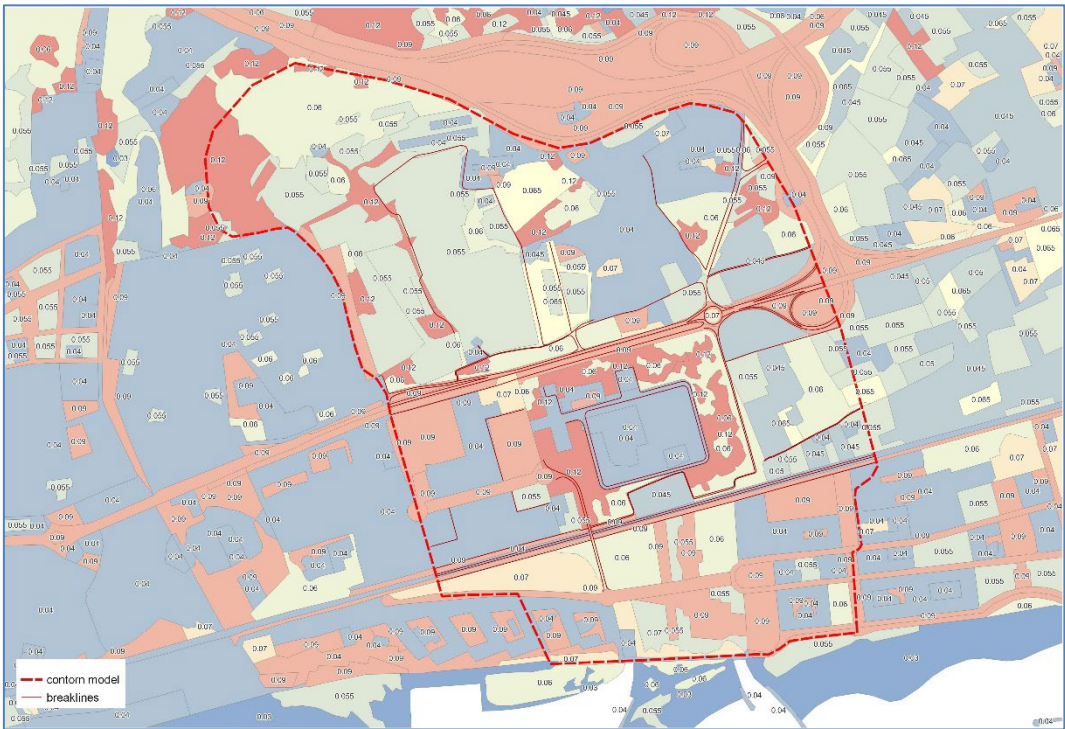


Model hidràulic, mall de càlcul, línies de trencament i condicions internes i de contorn

5.1 Rugositat.



Model hidràulic, usos del sòl. MCSC v4 CREAF. (etiquetes: C_SIMPLE)



Model hidràulic. Valors del coeficient de rugositat n de Manning

La taula de conversió entre les categories del CREAF i els valors de n és la següent:

Relació usos del sòl (MCSC v.4) amb coeficient "n" de Manning						
Fonts: CREAF i MARM Guia Metodològica para el desarrollo del sitema nacional de cartografia de zonas inundables. Anejo V (valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo del SIOSE y CLC2000)						
C_SIMPLE	US DEL SOL	n Manning		C_SIMPLE	US DEL SOL	n Manning
da	Abocadors	0.040		co	Oliverars	0.060
kv	Aeroports	0.100		eop	Oliverars abandonats - prats en zones agrícoles	0.070
bcad20	Altres caducifolis (>= 20%cc)	0.120		cor	Oliverars en regadiu	0.065
bcad5	Altres caducifolis (5-20%cc)	0.120		pr	Parcs recreatius	0.080
ch	Altres conreus herbacis	0.040		uv	Parcs urbans	0.090
ehpb	Altres conreus herbacis abandonats	0.065		rm	Penya-segats marins	0.050
ehpr	Altres conreus herbacis abandonats regadiu no regat	0.065		bph20	Pineda de pi blanc (>= 20%cc)	0.120
chb	Altres conreus herbacis en bancals	0.050		bph5	Pineda de pi blanc (5-20%cc)	0.120
chr	Altres conreus herbacis en regadiu	0.045		bpp20	Pineda de pi pinyer (>= 20%cc)	0.120
dip	Altres construccions	0.100		bpp5	Pineda de pi pinyer (5-20%cc)	0.120
bqj20	Alzinar (>= 20%cc)	0.120		bpm20	Pineda de pinastre (>= 20%cc)	0.120
bqj5	Alzinar (5-20%cc)	0.120		bpm5	Pineda de pinastre (5-20%cc)	0.120
gas	Àrees de servei en xarxa viària	0.050		pcon	Plantacions de coníferes no autòctones	0.080
ca	Arrossars	0.040		bphp	Plantacions de pi blanc	0.075
ka	Autopistes i autopies	0.100		bppp	Plantacions de pi pinyer	0.080
wb	Basses agrícoles	0.025		bpmp	Plantacions de pinastre	0.075
wu	Basses urbanes	0.040		ppl	Plantacions de plàtans	0.090
bribc20	Boscos caducifolis de ribera (>= 20%cc)	0.070		ppo	Plantacions de pollanques	0.080
bribc5	Boscos caducifolis de ribera (5-20%cc)	0.070		peu	Plantacions d'eucaliptus	0.075
sc	Càmpings	0.090		ptr	Plantes de tractament	0.100
sg	Camps de golf	0.035		l	Platges	0.030
wa	Canals artificials	0.020		uip	Polígon industrial ordenat	0.100
canya	Canyars	0.080		uin	Polígon industrial sense ordenar	0.100
kc	Carreteres	0.100		p	Prats i herbassars	0.055
uls	Cases aïllades	0.100	*	pel	Prats i herbassars en línies elèctriques	0.050
um	Cementiris	0.100		pt	Prats i herbassars procedents de tallades arreu	0.050
ucc	Centre urbà	0.150	*	bphr	Regeneració de pi blanc	0.090
cul	Centres culturals	0.100	*	wr	Rius	0.040
deu	Centres religiosos	0.100	*	ra	Rompudes agrícoles	0.050
ula	Colònies i nuclis aïllats	0.100	*	r	Roquissars	0.035
adm	Complexos administratius	0.100	*	bqh20	Roureda de roure martinenc (>= 20%cc)	0.120
cc	Complexos comercials i d'oficines	0.100	*	bqh5	Roureda de roure martinenc (5-20%cc)	0.120
hot	Complexos hotelers	0.100	*	nn	Sòl erosionat per agent natural	0.035
eb	Conreus abandonats - boscos	0.075		nnael	Sòl nu en línies elèctriques	0.030
em	Conreus abandonats - matollars	0.065		nna	Sòl nu per acció antròpica	0.030
epf	Conreus abandonats - prats en zones forestals	0.065		na	Sòls nus urbans no edificats	0.040
nc	Conreus en transformació	0.050		bqs20	Sureda (>= 20%cc)	0.120
dep	Depuradores i potabilitzadores	0.100		bqs5	Sureda (5-20%cc)	0.120
uce	Eixample	0.150	*	t	Tarteres	0.050
ee	Equipaments educatius	0.100	*	ulu	Urbanitzacions	0.100
bqif	Franja de protecció d'alzina	0.080		mdun	Vegetació arbustiva de dunes i soralls	0.050
bqsf	Franja de protecció d'alzina surera	0.080		gm	Vegetació d'aiguamolls continentals	0.075
mfp	Franja de protecció de matollars	0.065		gl	Vegetació d'aiguamolls litorals	0.075
bphf	Franja de protecció de pi blanc	0.080		pdun	Vegetació herbàcia de dunes i soralls	0.040
bppf	Franja de protecció de pi pinyer	0.080		cv	Vinyes	0.050
bpmf	Franja de protecció de pinastre	0.080		evp	Vinyes abandonades - prats en zones agrícoles	0.065
pfp	Franja de protecció de prats i herbassars	0.055		vive	Vivers	0.065
cl	Fruiters no cítrics	0.055		viva	Vivers agrícoles	0.070
elp	Fruiters no cítrics abandonats - prats en zones agrícoles	0.055		vivef	Vivers forestals	0.080
elpr	Fruiters no cítrics abandonats regadiu no regat	0.065		ib	Zones cremades	0.045
clr	Fruiters no cítrics en regadiu	0.055		ss	Zones d'esport	0.090
cg	Granges	0.100	*	dm	Zones d'extracció minera	0.060
uln	Habitatges unifamiliars	0.100	*	kp	Zones portuàries	0.025
ci	Hivernacles	0.100		nac	Zones urbanes en construcció	0.120
hf	Horta familiar	0.065		kg	Zones verdes viàries	0.030
uia	Indústries aïllades	0.100	*	ehp	Altres conreus herbacis abandonats - prats en zones agríc	0.040
ie	Infraestructures elèctriques	0.100	*	zua	Arbrat urbà	0.090
wc	Llacs i llacunes continentals	0.025		pkv	Àrees de vianants sense vegetació	0.090
wl	Llacunes litorals	0.025		eai	Edificis aïllats	0.100
nl	Lleres naturals	0.035		eme	Edificis entre mitgeres	0.100
m	Matollars	0.060		pkc	Grans vials	0.090
mr	Matollars de formacions de ribera	0.070		had	Habitatges unifamiliars adossats	0.100
mel	Matollars en línies elèctriques	0.050		hua	Habitatges unifamiliars aïllats	0.100
mt	Matollars procedents de tallades arreu	0.060		nau	Naus	0.100
tg	Moviments de terres	0.050		pk	Zones d'aparcament	0.090
naua	Naus d'ús agrícola	0.100	*	zu	Zones verdes artificials urbanes	0.090
El coeficient de rugositat de Manning dels camps marcats amb * serà 0.04 si el model digital del terreny utilitzat en la geometria del model hidràulic conté el volum de les edificacions						

5.2 Condicions internes.

Per completar la definició dels models hidràulics cal definir les condicions internes en els punts on es presenten situacions singulars: ponts, culverts, comportes, pèrdues localitzades, etc.

En l'àmbit del present model hidràulic, ni ha cap condició interna.

6.- RESULTATS DELS MODELS HIDRÀULICS.

El model HEC RAS, una vegada calculat amb èxit un model, mitjançant el mòdul RasMapper, permet la visualització, animació i explotació dels resultats del càlcul en diferents formats compatibles amb els sistemes GIS.

Les cobertures GIS exportades dels models són sotmeses posteriorment a revisió i tractament amb eines GIS, per tal d'eliminar "micropolígons", illes i/o elements o zones aïllades de petites dimensions, així com per suavitzar els contorns vectorials, i altres tractaments de caire cartogràfic.

Les dades de sortida del model són moltes, cal triar quines es necessari consultar i explotar en funció de quina sigui la destinació de l'estudi hidràulic. En el cas que ens ocupa, al tractar-se d'un estudi d'inundabilitat d'àmbit local, les dades que hem considerat rellevants per representar als plànols d'aquest estudi són les següents:

- Abast de la inundació, per a cada una de les lleres i per a cada període de retorn (T10, T100 i T500)
- Valors de calats màxims, per a cada període de retorn (T10, T100 i T500)
- Valors de la gravetat de la inundació, pel període de retorn T100

Tota la informació dels resultats de l'estudi, inclosos els models hidràulics i els resultats que no han estat recollits als plànols ni als llistats adjunts, es presenta en format digital en el suport que acompanya al present estudi. La resolució i el grau de detall d'aquesta informació és suficient per treballar a escala 1/1000 en posteriors treballs de planejament.

En el document de plànols del present estudi es presenten aquests resultats a escales més petites, per tal que siguin fàcilment consultables i es puguin representar còmodament en format A3.

Girona, abril de 2023

**ESTUDI D'INUNDABILITAT PER A LA MODIFICACIÓ PUNTUAL
DEL PLA GENERAL D'ORDENACIÓ URBANA DE CUBELLES PER A
LA TRANSFORMACIÓ DELS SÒLS DE LA CENTRAL TÈRMICA**

Annex núm. 5

Limitació d'usos a les zones inundables

ANNEX 5

LIMITACIÓ D'USOS A LES ZONES INUNDABLES

1.- LIMITACIÓ DELS USOS ADMISIBLES PER A LES DIFERENTS ZONIFICACIONS DE L'ESPAI FLUVIAL

La Llei d'Aigües i el Reglament del Domini Públic Hidràulic (RDPH) defineixen i regulen les zones associades a la llera dels rius i les limitacions d'usos en aquestes zones, mitjançant la identificació dels usos i activitats vulnerables a les inundacions.

- Les limitacions imposades pel RDPH s'estableixen en funció de la situació bàsica en que es trobi el sòl d'acord amb l'establert al Real Decreto Legislativo 7/2005 pel qual s'aprova el text refós de la Ley del Suelo y Rehabilitación Urbana: sòl urbanitzat i sòl rural.
- La perillositat en front de les inundacions, en funció de la zona on es desenvolupi l'ús o l'activitat
 - o Zona de Flux Preferent (ZFP): limitacions dels usos vulnerables o que representin una disminució de la capacitat de desguàs
 - o Zona Inundable (ZI): criteris constructius per a les edificacions de vivendes i recomanacions de seguretat per els altres usos.
 - o S'estableix, també, un règim especial per municipis que tinguin més d'una tercera part del seu territori dins de la Zona de Flux Preferent.

Aquestes limitacions s'estableixen als articles 9, 9 bis, 9 quàter, 14 i 14 bis del Reglament del Domini Públic Hidràulic.

2.- ZONA DE DOMINI PÚBLIC HIDRÀULIC (DPH).

No es permet cap us, excepte els associats a la preservació ambiental i el manteniment del règim de corrents.

3.- ZONA DE FLUX PREFERENT (ZFP).

En aquesta zona, el RDPH distingeix en funció de la situació urbanística bàsica, d'acord amb la Llei de sòl i rehabilitació urbana. També fa una distinció especial per als municipis que tinguin més d'una tercera part de la seva superfície inclosa en aquesta zona.

3.1 Limitacions als usos en la zona de flux preferent en sòl rural.

Amb l'objecte de garantir la seguretat de les persones i els béns, de conformitat amb el que preveu l'article 11.3 del TRLA, i sense perjudici de les normes complementàries que puguin establir les comunitats autònomes, s'estableixen les següents limitacions en els usos del sòl a la zona de flux preferent:

1. En els sòls que a la data d'entrada en vigor del Reial decret 638/2016, de 9 de desembre, estiguin en la situació bàsica de sòl rural del text refós de la Llei de sòl i rehabilitació urbana, aprovat pel Reial decret legislatiu 7/2015, de 30 d'octubre, no es permet la instal·lació de noves:

a) Instal·lacions que emmagatzemin, transformin, manipulin, generin o aboquin productes que puguin ser perjudicials per a la salut humana i l'entorn (sòl, aigua, vegetació o fauna) com a conseqüència del seu arrossegament, dilució o infiltració, en particular estacions de subministrament de carburant, depuradores industrials, magatzems de residus, instal·lacions elèctriques de mitjana i alta tensió; o centres escolars o sanitaris, residències de persones grans, o de persones amb discapacitat, centres esportius o grans superfícies comercials on es puguin donar grans aglomeracions de població; o parcs de bombers, centres penitenciaris, instal·lacions dels serveis de protecció civil.

b) Edificacions, obres de reparació o rehabilitació que suposin un increment de l'ocupació en planta o del volum d'edificacions existents, canvis d'ús que incrementin la vulnerabilitat de la seguretat de les persones o béns enfront de les avingudes, garatges subterranis, soterranis i qualsevol edificació sota rasant i instal·lacions permanents d'aparcaments de vehicles en superfície.

c) Acampades, zones destinades a l'allotjament en els càmpings i edificis d'usos vinculats.

d) Depuradores d'aigües residuals urbanes, excepte en els casos en què es comprovi que no hi ha una ubicació alternativa o, en el cas de petites poblacions, que els seus sistemes de depuració siguin compatibles amb les inundacions. En aquests casos excepcionals, s'han de dissenyar tenint en compte, a més dels requisits que preveuen els articles 246 i 259 ter, el risc d'inundació existent, incloent-hi mesures que evitin els danys eventuais que es puguin originar a les seves instal·lacions i garantint que no s'incrementi el risc d'inundació a l'entorn immediat, ni aigua avall. A més s'ha d'informar l'organisme de conca dels punts de desbordament en virtut de la disposició addicional segona. Queden exceptuades les obres de conservació, millora i protecció de les ja existents.

e) Hivernacles, tancaments i tanques que no siguin permeables, com ara els tancaments de mur de fàbrica estancs de qualsevol classe.

f) Granges i viviers d'animals que hagin d'estar inclosos en el Registre d'explotacions ramaderes.

g) Rebles que modifiquin la rasant del terreny i suposin una reducció significativa de la capacitat de desguàs. Aquest supòsit no és aplicable als rebles associats a les

actuacions que preveu l'article 126 ter, que es regeixen pel que estableix l'article esmentat.

h) Piles de materials que puguin ser arrossegats o puguin degradar el domini públic hidràulic o l'emmagatzematge de residus de tot tipus.

i) Infraestructures lineals dissenyades de manera tendent al paral·lelisme amb el llit. Excepcionalment, quan es demostrï que no hi ha cap altra alternativa viable de traçat, es pot admetre una ocupació parcial de la zona de flux preferent, minimitzant sempre l'alteració del règim hidràulic i que es compensi, si s'escau, l'increment del risc d'inundació que eventualment es pugui produir. Queden exceptuades les infraestructures de sanejament, proveïment i altres canalitzacions subterrànies així com les obres de conservació, millora i protecció d'infraestructures lineals ja existents. Les obres de protecció enfront d'inundacions es regeixen pel que estableixen els articles 126, 126 bis i 126 ter.

2. Excepcionalment es permet la construcció de petites edificacions destinades a usos agrícoles amb una superfície màxima de 40 m², la construcció de les obres necessàries associades als aprofitaments reconeguts per la legislació d'aigües, i les altres obres destinades a la conservació i restauració de construccions singulars associades a usos tradicionals de l'aigua, sempre que es mantingui el seu ús tradicional, i no es permet, en cap cas, un canvi d'ús llevat del condicionament museístic, sempre que es compleixin els requisits següents:

a) No representi un augment de la vulnerabilitat de la seguretat de les persones o béns enfront de les avingudes.

b) Que no s'incrementi de manera significativa la inundabilitat de l'entorn immediat, ni aigua avall, ni es condicionin les possibles actuacions de defensa contra inundacions de la zona urbana. Es considera que es produeix un increment significatiu de la inundabilitat quan a partir de la informació obtinguda dels estudis hidrològics i hidràulics, que en cas necessari es requereixin per a la seva autorització i que defineixin la situació abans de l'actuació prevista i després d'aquesta, no es dedueixi un augment de la zona inundable en terrenys altament vulnerables.

3. Qualsevol actuació a la zona de flux preferent ha de disposar d'una declaració responsable, presentada davant l'Administració hidràulica competent i integrada, si s'escau, a la documentació de l'expedient d'autorització, en la qual el promotor expressi clarament que coneix i assumeix el risc existent i les mesures de protecció civil aplicables al cas, i es compromet a traslladar aquesta informació als possibles afectats, independentment de les mesures complementàries que consideri oportú adoptar per a la seva protecció. Aquesta declaració és independent de qualsevol autorització o acte d'intervenció administrativa prèvia que hagin d'atorgar els diferents òrgans de les administracions públiques, amb subjecció, almenys, a les limitacions d'ús que estableix aquest article. En particular, aquestes actuacions han de disposar amb caràcter previ a la seva execució, segons que correspongui, de l'autorització a la zona de policia en els termes que preveu l'article 78 o amb l'informe de l'Administració hidràulica de conformitat amb l'article 25.4 del TRLA (en aquest cas, llevat que el corresponent Pla d'ordenació urbana, altres figures d'ordenament urbanístic o plans d'obres de l'Administració, hagin estat objecte d'informe i hagin recollit les oportunes previsions

formulades a aquest efecte). La declaració responsable s'ha de presentar davant l'Administració hidràulica amb una antelació mínima d'un mes abans de l'inici de l'activitat en els casos en què no hagi estat inclosa en un expedient d'autorització.

4. Per als supòsits excepcionals anteriors, i per a les edificacions existents, les administracions competents han de fomentar l'adopció de mesures de disminució de la vulnerabilitat i autoprotecció, tot això d'acord amb el que estableix la Llei 17/2015, de 9 de juliol, del Sistema Nacional de Protecció Civil, i la normativa de les comunitats autònomes.

3.2 Obres i construccions a la zona de flux preferent en sòls en situació bàsica de sòl urbanitzat.

1. En el sòl que a la data d'entrada en vigor del Reial decret 638/2016, de 9 de desembre, estigui en la situació bàsica de sòl urbanitzat d'acord amb l'article 21.3 i 4 del text refós de la Llei del sòl i rehabilitació urbana, es poden fer noves edificacions, obres de reparació o rehabilitació que suposin un increment de l'ocupació en planta o del volum d'edificacions existents, canvis d'ús, garatges subterranis, soterranis i qualsevol edificació sota rasant i instal·lacions permanents d'aparcaments de vehicles en superfície, sempre que es compleixin els requisits següents i sense perjudici de les normes addicionals que estableixin les comunitats autònomes:

a) No representin un augment de la vulnerabilitat de la seguretat de les persones o béns enfront de les avingudes, ja que s'han dissenyat tenint en compte el risc al qual estan sotmesos.

b) Que no s'incrementi de manera significativa la inundabilitat de l'entorn immediat ni aigua avall, ni es condicionin les possibles actuacions de defensa contra inundacions de la zona urbana. Es considera que es produeix un increment significatiu de la inundabilitat quan a partir de la informació obtinguda dels estudis hidrològics i hidràulics, que en cas necessari es requereixin per a la seva autorització i que defineixin la situació abans de l'actuació prevista i després d'aquesta, no es dedueixi un augment de la zona inundable en terrenys altament vulnerables.

c) Que no es tractin de noves instal·lacions que emmagatzemin, transformin, manipulin, generin o aboquin productes que puguin ser perjudicials per a la salut humana i l'entorn (sòl, aigua, vegetació o fauna) com a conseqüència del seu arrossegament, dilució o infiltració, en particular estacions de subministrament de carburant, depuradores industrials, magatzems de residus, instal·lacions elèctriques de mitjana i alta tensió.

d) Que no es tracti de nous centres escolars o sanitaris, residències de persones grans, o de persones amb discapacitat, centres esportius o grans superfícies comercials on es puguin produir grans aglomeracions de població.

e) Que no es tracti de nous parcs de bombers, centres penitenciaris o instal·lacions dels serveis de protecció civil.

f) Les edificacions de caràcter residencial s'han de dissenyar tenint en compte el risc i el tipus d'inundació existent i els nous usos residencials s'han de disposar a una cota

tal que no es vegin afectats per l'avinguda amb període de retorn de 500 anys. Poden disposar de garatges subterranis i soterranis, sempre que es garanteixi l'estanquitat del recinte per a l'avinguda de 500 anys de període de retorn, i que es facin estudis específics per evitar el col·lapse de les edificacions, tot això tenint en compte la càrrega sòlida transportada i que a més disposin de respiradors i vies d'evacuació per damunt de la cota de l'avinguda. S'ha de tenir en compte, en la mesura que es pugui, la seva accessibilitat en situació d'emergència per inundacions.

2. A més del que exigeix l'article 9 bis.3, amb caràcter previ a l'inici de les obres, el promotor ha de disposar del certificat del Registre de la propietat en el qual s'acrediti que existeix una anotació registral que indica que la construcció està en zona de flux preferent.

3. Per als supòsits excepcionals anteriors, i per a les edificacions existents, les administracions competents han de fomentar l'adopció de mesures de disminució de la vulnerabilitat i l'autoprotecció, tot això d'acord amb el que estableix la Llei 17/2015, de 9 de juliol, del Sistema Nacional de Protecció Civil, i la normativa de les comunitats autònomes.

3.3 Règim especial en municipis amb més d'1/3 de la seva superfície inclosa a la zona de flux preferent.

1. En els municipis en què almenys un 1/3 de la seva superfície estigui inclosa a la zona de flux preferent o que per la morfologia del seu territori tinguin una impossibilitat material per orientar els seus futurs desenvolupaments cap a zones no inundables, es pot permetre com a règim especial la realització de noves edificacions o usos associats a la zona de flux preferent, sempre que compleixin els requisits següents i sense perjudici de les normes addicionals que estableixin les comunitats autònomes:

a) Estiguin ubicats fora de la zona de policia.

b) No incrementin de manera significativa el risc d'inundació existent. Es considera que es produeix un increment significatiu del risc d'inundació quan, a partir de la informació obtinguda dels estudis hidrològics i hidràulics que en cas necessari siguin requerits per a la seva autorització i que defineixin la situació abans de l'actuació prevista i després d'aquesta, no es dedueixi un augment de la zona inundable en terrenys altament vulnerables.

c) No representin un augment de la vulnerabilitat de la seguretat de les persones o béns enfront de les avingudes, ja que s'han dissenyat tenint en compte el risc al qual estan sotmesos, i a més compleixen el que estableix l'article 9 ter.1.f).

d) No es permet la construcció d'instal·lacions que estiguin entre les que conté l'article 9 bis.1.a), e) i h), ni grans superfícies comercials on es puguin donar grans aglomeracions de població.

e) No es permet, llevat que quan amb caràcter excepcional es demostrï que no hi ha cap altra alternativa d'ubicació, el nou establiment de serveis o equipaments sensibles o infraestructures públiques essencials per al nucli urbà, com ara: hospitals, centres escolars o sanitaris, residències de persones grans o de persones amb discapacitat,

centres esportius, parcs de bombers, depuradores, instal·lacions dels serveis de protecció civil o similars. Per a aquests casos excepcionals, les infraestructures requerides no han d'incrementar de manera significativa la inundabilitat de l'entorn immediat ni aigua avall, de manera que no es produeixi un augment de la zona inundable en terrenys altament vulnerables. Igualment, no han de condicionar les possibles actuacions de defensa contra inundacions de la zona urbana, ni han de representar un augment de la vulnerabilitat de la seguretat de les persones o béns enfront de les avingudes, ja que s'han dissenyat tenint en compte el risc al qual estan sotmeses, i a més compleixen el que estableix l'article 9 ter.1.f); per a això s'han de fer els oportuns estudis hidrològics i hidràulics que defineixin la situació abans de l'actuació prevista i després d'aquesta.

2. A més del que exigeix l'article 9 bis.3, amb caràcter previ a l'inici de les obres, el promotor ha de disposar del certificat del Registre de la propietat en el qual s'acrediti que existeix una anotació registral que indica que la construcció està en zona de flux preferent.

3. Per als supòsits anteriors, i per a les edificacions existents, les administracions competents han de fomentar l'adopció de mesures de disminució de la vulnerabilitat i autoprotecció, tot això d'acord amb el que estableix la Llei 17/2015, de 9 de juliol, del Sistema Nacional de Protecció Civil, i la normativa de les comunitats autònomes.

4.- ZONA INUNDABLE (ZI)

Amb l'objecte de garantir la seguretat de les persones i béns, de conformitat amb el que preveu l'article 11.3 del text refós de la Llei d'aigües, i sense perjudici de les normes complementàries que puguin establir les comunitats autònomes, s'estableixen les següents limitacions en els usos del sòl en la zona inundable:

1. Les noves edificacions i usos associats en els sòls que estiguin en situació bàsica de sòl rural a la data d'entrada en vigor del Reial decret 638/2016, de 9 de desembre, s'han de realitzar, en la mesura que es pugui, fora de les zones inundables.

En els casos en què no sigui possible, cal atènyer-se al que sobre això estableixin, si s'escau, les normatives de les comunitats autònomes, tenint en compte el següent:

a) Les edificacions s'han de dissenyar tenint en compte el risc d'inundació existent i els nous usos residencials s'han de disposar a una cota tal que no es vegin afectats per l'avinguda amb període de retorn de 500 anys, i s'han de dissenyar tenint en compte el risc i el tipus d'inundació existent. Poden disposar de garatges subterranis i soterranis, sempre que es garanteixi l'estanquitat del recinte per a l'avinguda de 500 anys de període de retorn, es facin estudis específics per evitar el col·lapse de les edificacions, tot això tenint en compte la càrrega sòlida transportada, i a més es disposi de respiradors i vies d'evacuació per damunt de la cota de l'avinguda. S'ha de tenir en compte la seva accessibilitat en situació d'emergència per inundacions.

b) S'ha d'evitar l'establiment de serveis o equipaments sensibles o infraestructures públiques essencials, com ara hospitals, centres escolars o sanitaris, residències de persones grans o de persones amb discapacitat, centres esportius o grans superfícies comercials on es puguin donar grans aglomeracions de població, acampades, zones destinades a l'allotjament en els càmpings i edificis d'usos vinculats, parcs de bombers, centres penitenciaris, depuradores, instal·lacions dels serveis de protecció civil, o similars. Excepcionalment, quan es demostrï que no hi ha cap altra alternativa d'ubicació, se'n pot permetre l'establiment, sempre que es compleixi el que estableix l'apartat anterior i s'asseguri la seva accessibilitat en situació d'emergència per inundacions.

2. En els sòls que a la data d'entrada en vigor del Reial decret 638/2016, de 9 de desembre, estiguin en la situació bàsica de sòl urbanitzat, es pot permetre la construcció de noves edificacions, tenint en compte, en la mesura que es pugui, el que estableixen les lletres a) i b) de l'apartat 1.

3. Per als supòsits anteriors, i per a les edificacions existents, les administracions competents han de fomentar l'adopció de mesures de disminució de la vulnerabilitat i autoprotecció, tot això d'acord amb el que estableix la Llei 17/2015, de 9 de juliol, del Sistema Nacional de Protecció Civil, i la normativa de les comunitats autònomes. Així mateix, el promotor ha de subscriure una declaració responsable en la qual expressi clarament que coneix i assumeix el risc existent i les mesures de protecció civil aplicables al cas, i es compromet a traslladar aquesta informació als possibles afectats, independentment de les mesures complementàries que consideri oportú adoptar per a la seva protecció. Aquesta declaració responsable ha d'estar integrada, si s'escau, a la documentació de l'expedient d'autorització. En els casos en què no hagi estat inclosa en un expedient d'autorització de l'administració hidràulica, s'ha de presentar davant aquesta amb una antelació mínima d'un mes abans de l'inici de l'activitat.

4. A més del que estableix l'apartat anterior, amb caràcter previ a l'inici de les obres, el promotor ha de disposar del certificat del Registre de la propietat en el qual s'acrediti que existeix una anotació registral que indica que la construcció està en zona inundable.

5. En relació amb les zones inundables, s'ha de distingir entre les que estan incloses dins de la zona de policia que defineix l'article 6.1.b) del TRLA, en què l'execució de qualsevol obra o treball requereix l'autorització administrativa dels organismes de conca d'acord amb l'article 9.4, de les altres zones inundables situades fora de l'esmentada zona de policia, en què les activitats les ha d'autoritzar l'administració competent amb subjecció, almenys, a les limitacions d'ús que estableix aquest article, i a l'informe que ha d'emetre amb caràcter previ l'Administració hidràulica de conformitat amb l'article 25.4 del TRLA, llevat que el corresponent Pla d'ordenació urbana, altres figures d'ordenament urbanístic o plans d'obres de l'Administració, hagin estat objecte d'un informe i hagin recollit les oportunes previsions formulades a aquest efecte.

Las limitaciones de usos aplicables a nivel estatal (art. 9 bis, 9 ter, 9 quáter y 14 bis del RDPH)

Usos		Zona de flujo preferente (ZFP)			Zona inundable (ZI)	
		Suelo rural (art. 9 bis)	Suelo urbanizado (art. 9 ter)	Régimen especial municipios alta inundabilidad (art. 9 quáter)	Suelo rural (art. 14 bis 1)	Suelo urbanizado (art. 14 bis 2)
Centros escolares o sanitarios, residencias de mayores o personas con discapacidad, centros deportivos, centros penitenciarios, parques de bomberos, instalaciones Protección Civil		No	No	Solo si no existe una ubicación alternativa y diseñados con condicionantes de seguridad	Se evitará, excepto si no existe ubicación alternativa y diseñados con condicionantes de seguridad	Podrá permitirse teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, condicionantes de seguridad
Grandes superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones de población		No	No	No		
Edificaciones, obras de reparación, rehabilitación o cambios de uso, garajes subterráneos, sótanos y aparcamientos en superficie, y otras edificaciones bajo rasante	Nuevas edificaciones para usos residenciales	No	Sí, con condicionantes de seguridad y la parte destinada a vivienda del edificio a una cota tal que no se vea afectada por la avenida de T=500 años	Si, fuera de la zona de policía. Con condicionantes de seguridad y la parte destinada a vivienda del edificio a una cota tal que no se vea afectada por la avenida de T=500 años	Sí, con condicionantes de seguridad y la parte destinada a vivienda del edificio a una cota tal que no se vea afectada por la avenida de T=500 años	Sí, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, los condicionantes de seguridad del art. 14 bis 1 (suelo rural)
	Resto	No	Si, con condicionantes de seguridad	Si, con condicionantes de seguridad	Si, con condicionantes de seguridad	Si, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, condicionantes de seguridad
Instalaciones que manejen productos que pudieran resultar perjudiciales para la salud humana y el entorno como gasolineras, depuradoras industriales, almacenes de residuos, instalaciones eléctricas de media y alta tensión		No	No	No	Si, con condicionantes de seguridad	
Acampadas, zonas de alojamiento y edificios vinculados en los campings		No	Estas actividades no se suelen dar en suelos urbanizados, de existir deberán garantizarse, al menos, los condicionantes de seguridad pertinentes	Si, con condicionantes de seguridad y fuera de la zona de policía	Se evitará excepto si no existe ubicación alternativa y diseñados con condicionantes de seguridad	Podrá permitirse teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, condicionantes de seguridad
Depuradoras aguas residuales urbanas		Solo si no existe una ubicación alternativa o son sistemas de depuración compatibles con la inundación		Solo si no existe una ubicación alternativa o son sistemas de depuración compatibles con la inundación		
Invernaderos, cerramientos y vallados no permeables, acopios de materiales, almacenamiento de residuos y otros según arts. 9 bis y ss. RDPH		No		No	Si	Si
Rellenos que modifiquen la capacidad de desagüe salvo los asociados a actuaciones contempladas en el art. 126 ter del RDPH		No		Si	Si	Si
Granjas y criaderos de animales incluidos en el Registro de explotaciones ganaderas		No		Si, con condicionantes de seguridad y fuera de la zona de policía	Si	Si
Infraestructuras lineales paralelas al cauce		Solo si no existe otra alternativa viable de trazado y diseñado para minimizar riesgo		Solo si no existe otra alternativa viable de trazado y diseñado para minimizar riesgo	Si	Si
Infraestructuras de saneamiento, abastecimiento y otras canalizaciones subterráneas; obras de conservación, mejora y protección de infraestructuras ya existentes		Si	Si	Si	Si	Si
Edificaciones uso agrícola con un máximo de 40 m ² y obras asociadas al aprovechamiento del agua según arts. 9 y ss. RDPH		Si, con condicionantes de seguridad	Si, con condicionantes de seguridad	Si, con condicionantes de seguridad	Si	Si

- ♦ Como requisito adicional, en las actuaciones en ZFP o ZI el promotor deberá, en determinados casos, suscribir una **declaración responsable**, que presentará ante la Administración hidráulica, en la que exprese claramente que conoce y asume el riesgo existente y las medidas de protección civil aplicables al caso, comprometiéndose a trasladar esa información a los posibles afectados. Igualmente, en determinados casos, se deberá inscribir en el **Registro de la Propiedad** una anotación registral indicando que la construcción se encuentra en zona de flujo preferente o zona inundable. En todo caso, para los supuestos excepcionales, y para las edificaciones ya existentes, las administraciones competentes fomentarán la **adopción de medidas de disminución de la vulnerabilidad y autoprotección** según lo establecido en la normativa vigente de Protección Civil.

Las comunidades autónomas pueden establecer normas adicionales en las limitaciones de usos en las zonas inundables de acuerdo con sus competencias en ordenación del territorio. En 2016 tienen normas adicionales Andalucía, Baleares, Cataluña, Navarra, La Rioja, Comunidad Valenciana y País Vasco. La normativa de los planes hidrológicos de cuenca puede recoger igualmente determinadas limitaciones específicas a los usos en sus ámbitos territoriales.