

DOCUMENT I. Memòria i Annexos

1. Memòria
2. Annexos
 - 2.1. Antecedents, àmbit d'actuació i situació prèvia
 - 2.2. Planejament
 - 2.3. Topografia
 - 2.4. Geologia i geotècnia
 - 2.5. Definició geomètrica i replanteig
 - 2.6. Moviment de terres**
 - 2.7. Climatologia, hidrologia i drenatge
 - 2.8. Xarxa de clavegueram
 - 2.9. Canalitzacions i desviaments de cursos naturals de l'aigua
 - 2.10. Ferms i paviments
 - 2.11. Estructures i murs
 - 2.12. Enllumenat
 - 2.13. Xarxa de reg i abastament d'aigua pel reg
 - 2.14. Plantacions
 - 2.15. Senyalització, abalisament i seguretat vial
 - 2.16. Semaforització
 - 2.17. Serveis existents. Serveis afectats. Nous subministraments i instal·lacions de serveis (inclou previsions)
 - 2.18. Expropiacions, ocupacions temporals, restitució de drets reals i servituds
 - 2.19. Autoritzacions i concessions
 - 2.20. Pla de control de qualitat
 - 2.21. Estudi de seguretat i salut
 - 2.22. Aspectes ambientals
 - 2.23. Estudi de gestió de residus de construcció i demolició
 - 2.24. Accessibilitat
 - 2.25. Desviaments de trànsit i fases d'execució i d'accessibilitat durant les obres
 - 2.26. Pla d'obra
 - 2.27. Justificació de preus
 - 2.28. Pla de consum i manteniment de l'obra acabada. Valoració dels costos de consum i manteniment de l'obra acabada
 - 2.29. Pressupost per al coneixement de l'Administració
 - 2.30. Fitxa resum de les característiques del projecte

2.06 Moviment de terres

Al present annex es justifiquen els moviments de terres del projecte **Espai fluvial del riu Sec i pas fluvial sobre el riu Ripoll, 900501/25**.

a. Espai fluvial del riu Sec

L'actuació en l'àmbit de l'Espai fluvial del riu Sec, tracta de fer moviments de terres autocompensats, de manera que el que sigui necessari de desmunt pugui ser aprofitable per als terraplens. De totes maneres, degut a la necessitat d'eliminar la defensa de formigó actual mantenint la cota de resguard, sumada a la necessitat d'aconseguir la renaturalització de l'espai, la materialització de la proposta fa necessari alguns moviments de terres importants.

A l'esplanada de sauló superior pràcticament no hi ha moviments, sobretot a l'extrem esquerre de l'àmbit. Al costat dret, amb l'eliminació dels murs i les rampes actuals que divideixen el parc del Masot, la rasant proposada s'adapta corregint les pendent per aconseguir la trobada amb la cota de les pistes i la correcte evacuació de les aigües d'escorrentia cap als punts de drenatge.

Els moviments de terres més importants del projecte es produeixen a la zona de l'espai fluvial pròpiament dita, a partir del límit generat per la cuneta vegetal que defineix l'àmbit i separa el parc urbà de l'espai fluvial. Com s'ha dit anteriorment, amb l'eliminació del talús de formigó es fa necessària l'estesa del terreny mitjançant una nova topografia que descendeix de forma progressiva cap a la llera del riu, sense sobrepassar el 66% de pendent màxima per tal de no comprometre l'estabilitat del terreny. A banda, amb la voluntat de renaturalització l'espai la proposta incorpora la creació de diferents motes i depressions al terreny. Així i tot, el projecte busca que el balanç entre el desmunt i l'aportació de terres s'equilibri.

A les zones transitables les pendent longitudinals sempre seran menors al 6% i les transversals màximes seran del 2%. A les zones no transitables, com per exemple a les cunetes de drenatge, es forcen les pendent per una correcta evacuació de les aigües.

Cubicatge de terres

Els amidaments corresponents als moviments de terres, s'han obtingut mitjançant el mètode clàssic de cubicació manual de perfils transversals.

A continuació s'adjunten els llistats corresponents als amidaments auxiliars de terres obtinguts mitjançant el mètode de cubicació manual de perfils transversals:

DESMUNT				
	<i>secció precedent (m²)</i>	<i>secció actual (m²)</i>	<i>interdistància (m)</i>	<i>TOTAL (m³)</i>
ST01	0,00	3,54	22,86	40,45
ST02	3,54	5,79	27,42	127,94
ST03	5,79	11,70	17,66	154,47
ST04	11,70	22,76	11,51	198,29
ST05	22,76	23,02	14,96	342,43
ST06	23,02	16,49	15,60	308,18
ST07	16,49	3,96	13,06	133,55
ST08	3,96	19,90	19,88	237,14
ST09	19,90	3,04	28,30	324,61
ST010	3,04	8,37	17,08	97,43
Subtotal				1964,49

TERRAPLÈ				
	<i>secció precedent (m²)</i>	<i>secció actual (m²)</i>	<i>interdistància (m)</i>	<i>TOTAL (m³)</i>
ST01	0,00	8,84	22,86	101,02
ST02	8,84	7,17	27,42	219,46
ST03	7,17	5,00	17,66	107,52
ST04	5,00	14,12	11,51	110,09
ST05	14,12	13,76	14,96	208,58
ST06	13,76	21,16	15,60	272,40
ST07	21,16	20,74	13,06	273,65
ST08	20,74	23,13	19,88	435,97
ST09	23,13	3,11	28,30	371,22
ST010	3,11	0,25	17,08	28,64
Subtotal				2128,55

A banda s'han calculat els moviments de terres corresponents a l'excavació de caixes de paviment i de l'excavació de rases, els resultats dels quals s'adjunten a continuació:

Excavació per a caixa de paviment			
	<i>superfície (m²)</i>	<i>gruix (m)</i>	<i>TOTAL (m³)</i>
Esplanada	2050,00	0,40	820,00
Replà entre marges	57,50	0,15	8,63
Camins	682,00	0,30	204,60
Pas sobre rasa (desguàs C-58)	17,00	0,25	4,25
Caixa per emmacat	43,75	0,30	13,13
Subtotal			1050,60

Excavació de rases				
	<i>superfície (m)</i>	<i>amplada (m)</i>	<i>profunditat (m)</i>	<i>TOTAL (m³)</i>
Rasa per banc	168,80	0,84	0,15	21,27
Rasa per a vorades	145,50	0,30	0,30	13,10
Rasa per encintat de llambordí	329,80	0,30	0,10	9,89
Rasa per a paviment de llambordí	29,50	0,48	0,25	3,54
Caixa per emmacat	168,80	0,84	0,15	21,27
Subtotal				47,80

El volum total de moviment de terres és de 5.191,5 m³, dels quals 3.063 m³ corresponen a terres d'excavació.

UNITAT D'OBRA	Volum de terres
Volum total de desmunt	1.964,49 m³
Volum total terraplè	2.128,55 m³
Volum total excavació per caixa de paviment	1.050,60 m³
Volum total excavació per rases	47,80 m³
TOTAL	5191,44 m³

Totes les terres procedents de l'excavació s'aprofitaran a la pròpia obra, replantejant els perfils o amb la creació de motes allà on es consideri adient. Així doncs no es preveu la necessitat del transport de terres a abocador i el balanç final de moviment de terres es compensarà.

b. Pas fluvial sobre el riu Ripoll

L'actuació consistent en el pas fluvial sobre el riu Ripoll pretén la recuperació de l'ecosistema fluvial mitjançant la retirada de tots els elements que li són impropis, generant les condicions per afavorir la naturalització del riu Ripoll en aquest tram. Per aquest motiu s'han minimitzat moviments de terra. Aquests han quedat reservats a la fonamentació de l'estructura.

Per a descendir des dels camins fluvials d'ambdós marges s'han projectat unes rampes. Aquestes, amb la finalitat d'ocupar el mínim possible l'espai de la llera actual, s'han dissenyat tangents al talús fluvial actual.

En tots els casos la terra extreta conseqüència d'aquests moviments es reutilitza dins el mateix àmbit en zones on cal aportació, com per exemple els talussos de la rampa o per reperfil·lar el traçat de la llera per formalitzar la trobada amb el nou camí.

Al Document II Plànols, capítol **6.4 Moviment de terres**, es defineixen gràficament tots i cada un dels elements pel correcte desenvolupament de l'obra d'aquest projecte.

DOCUMENT I. Memòria i Annexos

1. Memòria
2. Annexos
 - 2.1. Antecedents, àmbit d'actuació i situació prèvia
 - 2.2. Planejament
 - 2.3. Topografia
 - 2.4. Geologia i geotècnia
 - 2.5. Definició geomètrica i replanteig
 - 2.6. Moviment de terres
 - 2.7. Climatologia, hidrologia i drenatge**
 - 2.8. Xarxa de clavegueram
 - 2.9. Canalitzacions i desviaments de cursos naturals de l'aigua
 - 2.10. Ferms i paviments
 - 2.11. Estructures i murs
 - 2.12. Enllumenat
 - 2.13. Xarxa de reg i abastament d'aigua pel reg
 - 2.14. Plantacions
 - 2.15. Senyalització, abalisament i seguretat vial
 - 2.16. Semaforització
 - 2.17. Serveis existents. Serveis afectats. Nous subministraments i instal·lacions de serveis (inclou previsions)
 - 2.18. Expropiacions, ocupacions temporals, restitució de drets reals i servituds
 - 2.19. Autoritzacions i concessions
 - 2.20. Pla de control de qualitat
 - 2.21. Estudi de seguretat i salut
 - 2.22. Aspectes ambientals
 - 2.23. Estudi de gestió de residus de construcció i demolició
 - 2.24. Accessibilitat
 - 2.25. Desviaments de trànsit i fases d'execució i d'accessibilitat durant les obres
 - 2.26. Pla d'obra
 - 2.27. Justificació de preus
 - 2.28. Pla de consum i manteniment de l'obra acabada. Valoració dels costos de consum i manteniment de l'obra acabada
 - 2.29. Pressupost per al coneixement de l'Administració
 - 2.30. Fitxa resum de les característiques del projecte

2.07 Climatologia, hidrologia i drenatge

1. Introducció i antecedents

L'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) està desenvolupant el projecte executiu dels espais fluvials del riu Sec. El projecte planteja la connexió entre els dos marges del riu Ripoll aigües amunt de l'aiguabarreig amb el riu Sec, així com la connexió del parc Massot amb aquest pas, per la riba del riu Sec. Per això, es planeja la construcció d'un gual inundable que salvi el riu.

Per aquest motiu, es necessari realitzar un estudi d'inundabilitat arran de la construcció del gual inundable i la modificació dels marges del riu Sec, que justifiqui que les noves solucions no empitjoren i fins i tot millora la situació actual, per tal de rebre l'aprovació de l'Agència Catalana de l'Aigua.

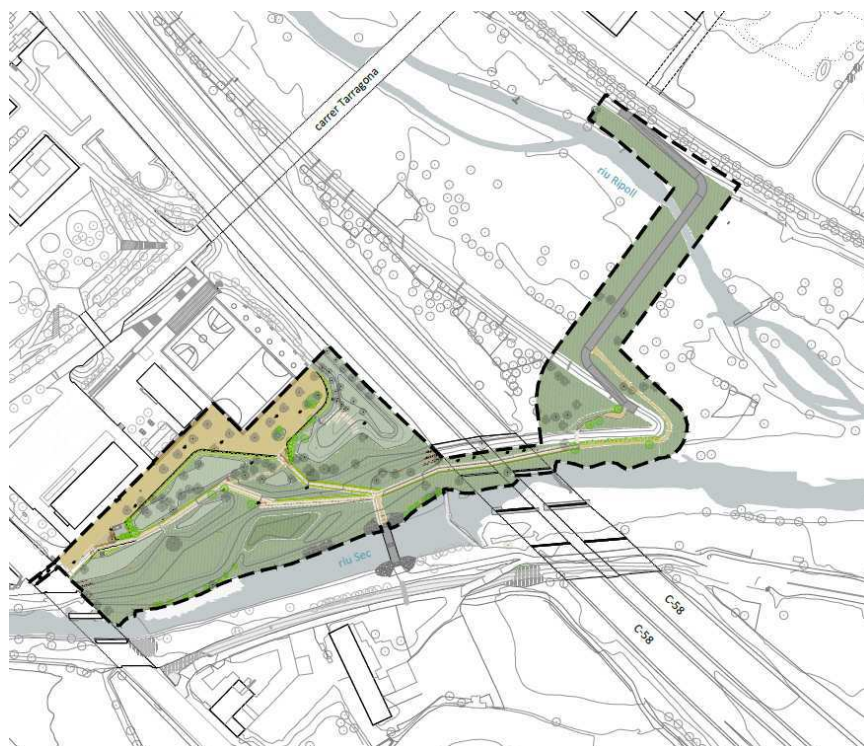


Figura 1. Proposta d'actuació en la zona objecte de l'estudi (AMB)

Prèviament a aquest estudi, en la zona també s'han desenvolupat els següents estudis:

- ESTUDI HIDRÀULIC DE VIABILITAT D'UN NOU GUAL AL RIU RIPOLL AIGUA AMUNT DE LA CONFLUÈNCIA AMB EL RIU SEC (T.M. DE RIPOLLET). Abril de 2023. ABM Consulting
- ESTUDI HIDRÀULIC D'ALTERNATIVES DE CONNECTIVITAT FLUVIAL SOBRE EL RIU SEC I ADEQUACIÓ DEL PARC MASSOT AL TERME MUNICIPAL DE RIPOLLET. Abril de 2018. ABM Consulting

Aquests estudis s'han tingut en compte en els plantejaments del present estudi, però sempre prèviament a un procés de validació.

2. Objecte de l'estudi

El principal objecte del present estudi hidràulic de detall és donar resposta als requeriments de l'ACA per poder validar el 'Projecte del gual sobre el riu Ripoll, a tocar l'aiguabarreig, així com de la modificació del marge esquerre de l'endegament del riu Sec en la zona del Parc Massot.

Els objectius a assolir en el present estudi són:

- Elaborar un model hidràulic de l'escenari actual que permeti determinar el comportament del curs en episodis d'avingudes, i verificar que és coherent amb la informació disponible de l'Agència Catalana de l'Aigua.
- Incorporar al model anterior la geometria de l'escenari de projecte, caracteritzant el comportament hidràulic en episodis d'avinguda del riu Ripoll i el riu Sec en les zones on es preveu executar les actuacions: nou gual sobre el riu Ripoll i modificació dels marges del riu Sec al parc Massot.
- Definir les cotes de inundació en la parcel·la ubicada al marge dret del riu Sec, a l'alçada del parc Massot.

Es tindrà en compte la normativa actual per a l'anàlisi de resultats i per a l'estudi de compatibilitat de la solució proposada.

3. Estudi hidràulic

3.1. Metodologia

Per realitzar les comprovacions del comportament hidràulic del sistema s'ha optat per fer servir el model hidràulic bidimensional amb el software HEC-RAS (versió 6.6), desenvolupat pel U.S. Army Corps of Engineers, essent aquest capaç de reproduir el comportament bidimensional del flux, així com l'efecte de les estructures presents en els cursos d'estudi.

Per a obtenir una anàlisi detallada del comportament del flux en l'àmbit d'estudi s'han simulat dos escenaris possibles: escenari de l'estat actual i escenari de projecte, incorporant totes les modificacions previstes.

3.2. Descripció del model numèric

La versió d'HEC-RAS emprada incorpora la capacitat de realitzar simulacions hidrodinàmiques bidimensionals (2D) dins del menú d'anàlisi de flux en règim gradualment variat. El programa permet realitzar simulacions unidimensionals (1D) de flux gradualment variat, simulacions bidimensionals (2D) (resolent les equacions de Saint Venant o les equacions d'ona de difusió), així com simulacions 1D combinades amb simulacions 2D.

D'entre les principals funcions d'aquesta versió d'HEC-RAS respecte a anteriors destaca la possibilitat de simular l'efecte hidràulic de ponts en àrees de flux 2D, incloent ponts en malles 2D mitjançant corbes de ponts 1D.

A continuació, es descriuen les dades i paràmetres bàsics del model que s'han utilitzat per tal de dur a terme les diferents simulacions hidràuliques.

3.3. Àmbit del model hidràulic

En primer lloc, s'ha definit l'àmbit de l'estudi hidràulic, tenint en compte els elements que poden condicionar el comportament hidràulic del flux en avinguda a l'alçada del gual a projectar i del parc Massot, i les longituds d'acomodament necessàries perquè els resultats siguin representatius.

Així doncs, l'àmbit de l'estudi es troba en la zona de la confluència entre el riu Ripoll i el riu Sec, dins el terme municipal de Ripollet, amb el límit superior a l'alçada de l'Institut Lluís Companys en el cas del riu Ripoll, i aigua

avall del pont de l'avinguda de la Primavera, en el cas del riu Sec, i amb el límit inferior aigua amunt del pont del la C-58.

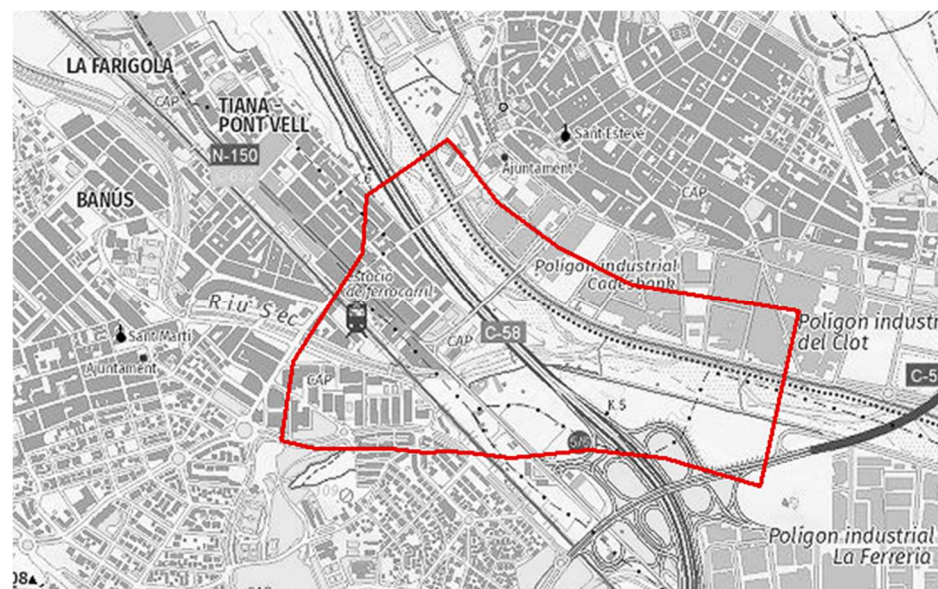


Figura 2. Àmbit de les simulacions hidràuliques.

3.4. Fonts d'informació cartogràfica

Les fonts d'informació cartogràfica de base emprades per a l'elaboració del model hidràulic han estat les següents:

- Cartografia topogràfica 1:1.000 i 1:5.000 en format SHP del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC).
- Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya (MCSC), elaborat pel CREA (4a Edició revisada, 2018).
- Ortofotografia de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC).
- Topografia de detall del gual del riu Sec executat el 2019 (AMB).
- Topografia de detall del gual del riu Ripoll executat el 2024 (AMB).
- Proposta de modificació del talús en la zona del Parc Massot (AMB).

3.5. Escenari actual

3.5.1. Elaboració de la geometria

En primer lloc, s'ha generat un MDT de 0,2 x 0,2 m a partir de la topografia 1:1.000 de l'ICGC que engloba la totalitat de l'àmbit a estudiar. Per a la generació d'aquest MDT de detall s'han tingut en compte les corbes de nivell, els cursos fluvials, les línies de definició de carrers i les línies de trencament, així com els punts de l'orografia del terreny.

De forma complementària, s'han generat dos MDT a partir de la topografia de detall, una de les actuacions realitzades amb anterioritat (gual del parc Massot) i una altra de l'aixecament realitzat en la zona del nou gual al riu Ripoll, ambdues de 0,2 x 0,2 m, completant i millorant la topografia de l'ICGC.

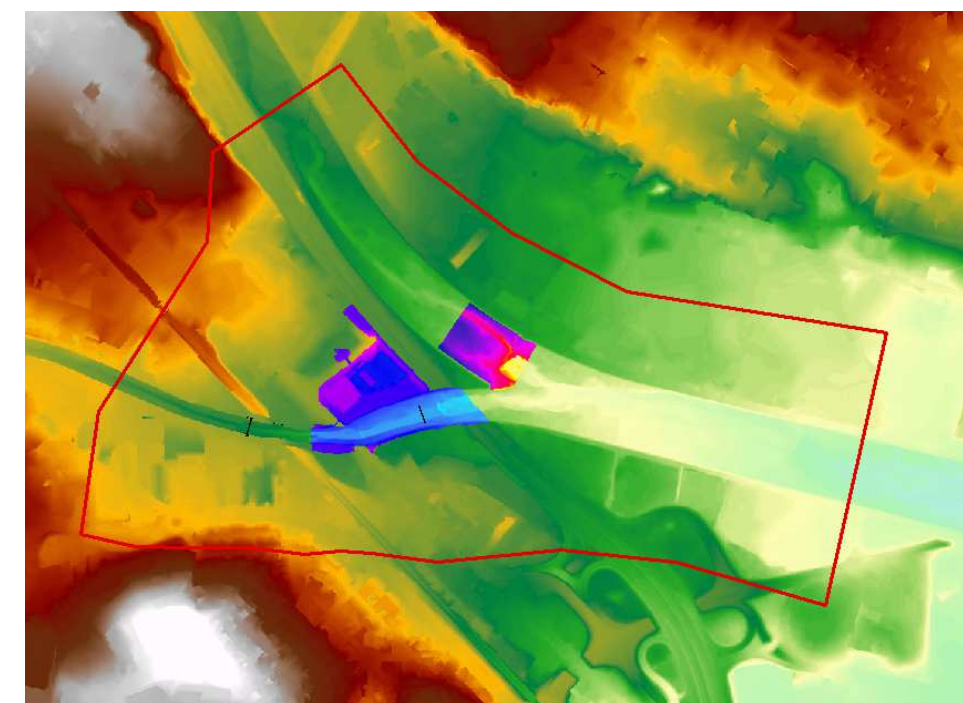


Figura 3. MDT de la topografia 1:1.000 de l'ICGC (marrons-blanc), el ràster generat de la topografia del gual del riu Sec (blaus-liles) i el ràster de la topografia de la zona del nou gual del riu Ripoll (liles-grocs).

Tot seguit, s'ha considerat la cota de les teulades dels edificis per representar l'obstrucció a la inundació que representen, a partir de les dades extretes de la base topogràfica 1:1.000 de l'ICGC.

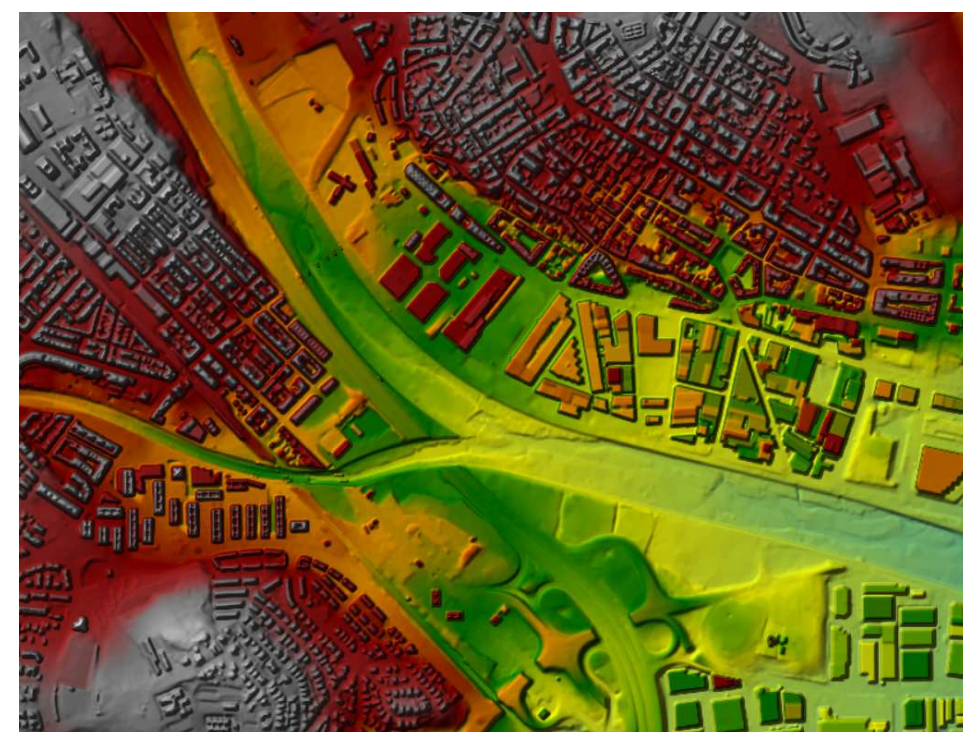


Figura 4. Model digital del terreny associat a l'escenari actual.

Per últim, s'ha analitzat l'MDT resultant i s'han realitzats diferents modificacions per tal d'ajustar-lo a la realitat actual del terreny, alhora que s'ha donat coherència i continuïtat al solapament entre l'MDT de base i els MDT de detall. D'altra banda, pel que fa a la llera del riu Sec, en la zona del gual i l'assut, s'ha reperfilat tot el canal d'aigües baixes per ajustar-lo a la realitat, ja que la topografia de base amb la que s'ha generat l'MDT de detall es va realitzar quan l'assut encara funcionava i l'aigua el saltava; actualment l'assut es troba descalçat i l'aigua

hi passa per sota, fet que ha produït un rebaix de la llera. El replanteig s'ha fet a partir de dades extretes de camp, des d'on s'ha obtingut la cota de la llera, tan en l'assut com en el gual.

A partir de la geometries del terreny, s'ha definit la malla de càlcul corresponent, amb les següents característiques:

- S'han definit línies de trencament sobre les quals s'ajusta la malla, assegurant així la continuïtat del flux a l'entorn dels elements lineals (carreteres, estructures, etc.).
- S'ha definit un pas de malla de referència de 5 metres, de forma que tots els elements de càlcul (d'entre 4 i 8 costats) s'ajustaran a aquesta dimensió, en la mesura que sigui possible, en funció dels condicionants geomètrics presents.
- Es defineix un pas de malla inferior a l'entorn de zones d'interès on es requereix una definició més detallada (per exemple, a l'entorn de les lleres).

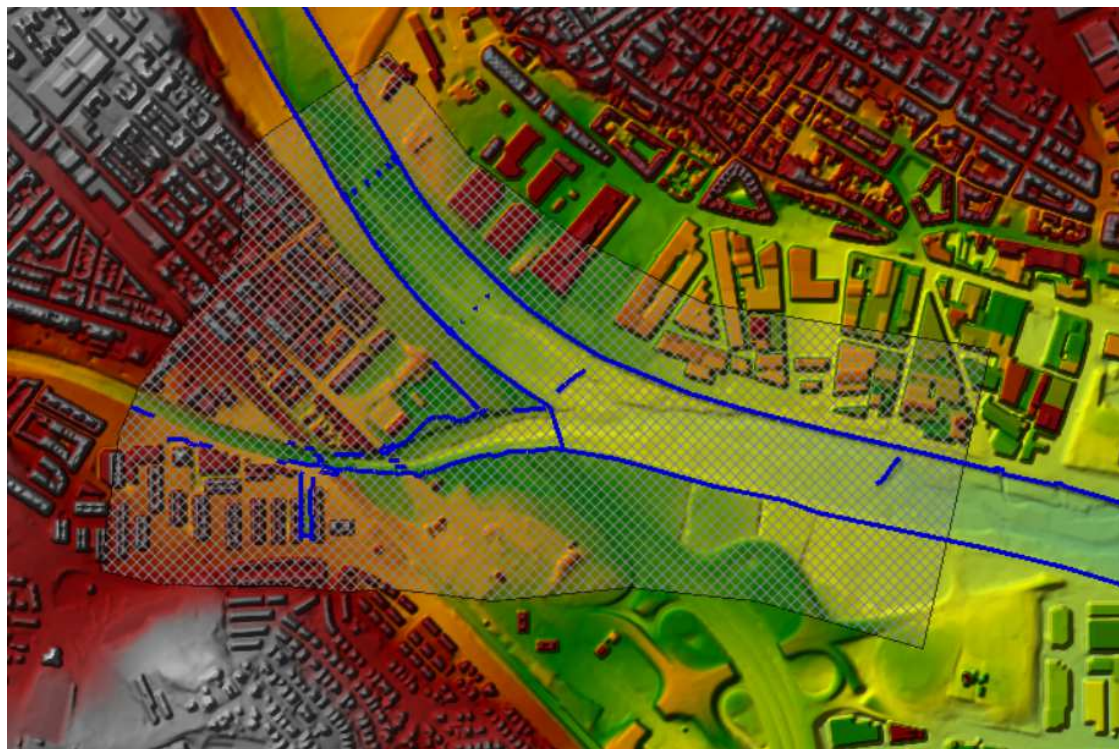


Figura 5. Àmbit de la malla i línies de trencament (blau) en l'escenari actual.

La malla de càlcul resultant té un total de 40.847 elements, dels quals el menor té una àrea de 0,14 m² i el major una àrea de 77,09 m². L'àrea mitjana dels elements és de 22,16m².

3.5.2. Estructures

Els cursos fluvials de la zona d'estudi es troben endegats, i en alguns trams presenten uns murs laterals, que s'han representat al model mitjançant condicions internes. En total, s'han identificat un total de 5 murs

Codi	Curs fluvial	Tipus
Mur AAV FFCC	Riu Sec	Mur aigua avall pont ferrocarril marge esquerra
Mur AAV pas ME	Riu Sec	Mur marge esquerra entre passarel·la i el pont del ferrocarril
Mur end MD	Riu Sec	Mur aigua amunt de la passarel·la
Mur end ME	Riu Sec	Mur aigua amunt de la passarel·la
Mur ME	Riu Sec	Mur lateral accés pas inferior.

Taula 1. Resum murs representats.

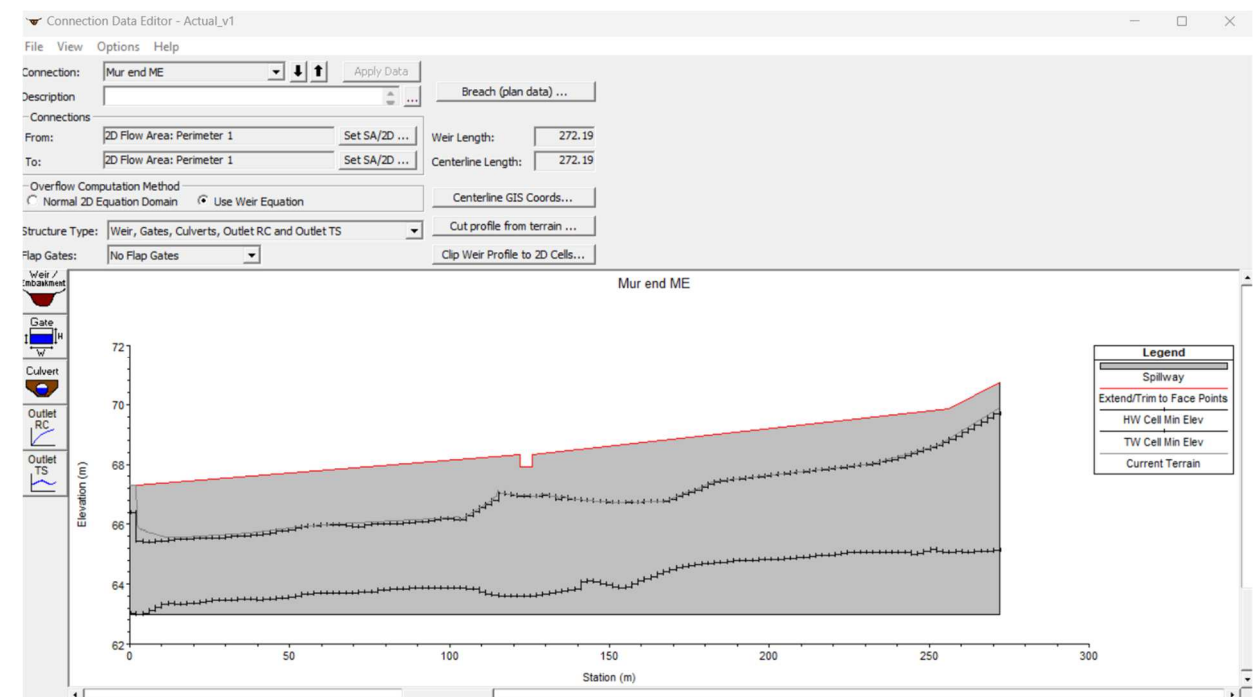


Figura 6. Mur endegament aigua amunt passarel·la, marge esquerre.

D'altra banda, s'han identificat totes les estructures transversals al flux que poden condicionar el comportament hidràulic del flux en avinguda en l'àmbit de l'estudi, representant a les simulacions hidràuliques aquelles que queden contingudes en l'àmbit del projecte.

En el cas dels ponts i de les passarel·les, en primera instància s'ha estudiat quina alçada assoleix la làmina d'aigua al seu pas per cada estructura pel període de retorn de 500 anys, de cara a veure si aquesta és superior o inferior a la cota inferior del tauler. En els casos on la cota de la làmina quedava suficientment separada de la cota inferior del tauler, enlloc d'incloure en el model un element tipus pont s'han representat únicament les piles i estreps com una modificació del terreny, donat que dona uns resultats més realistes.

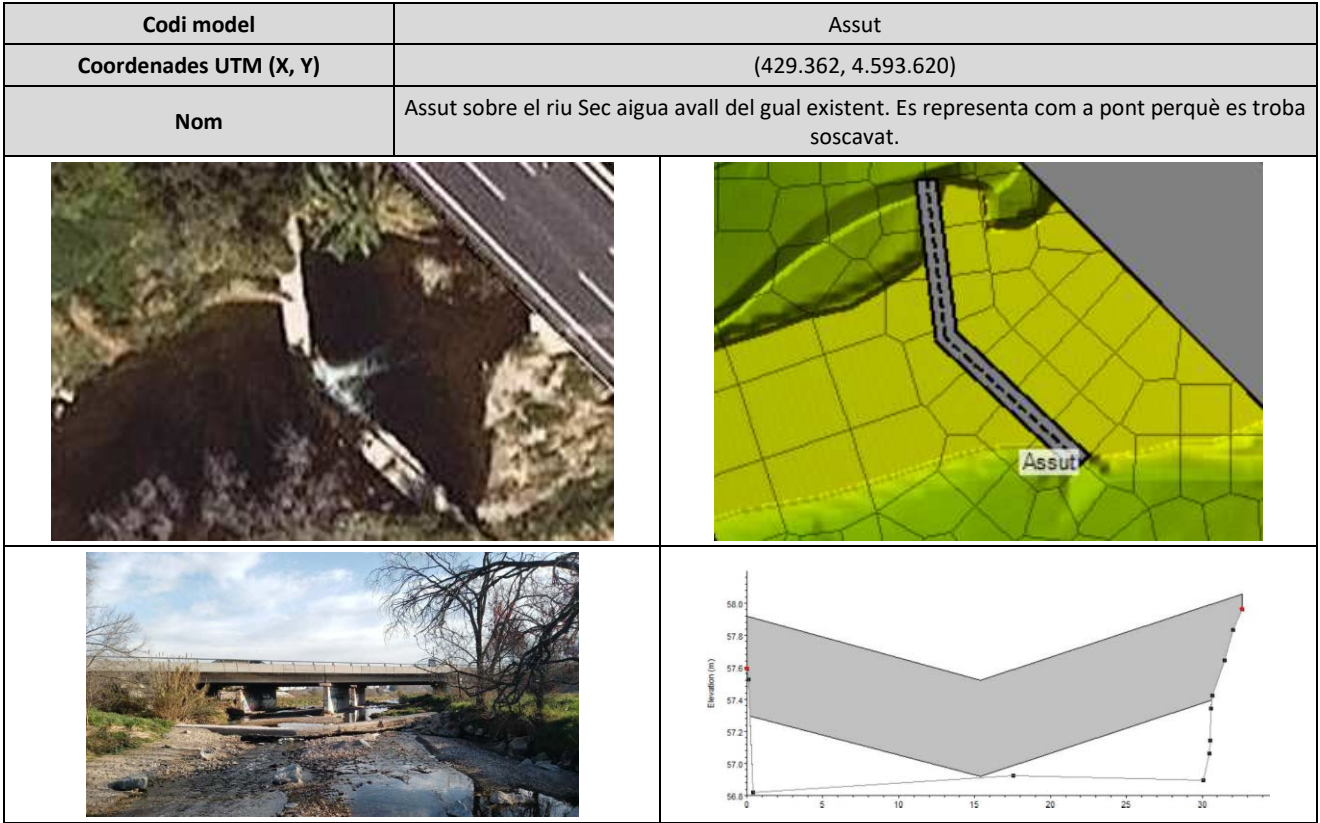
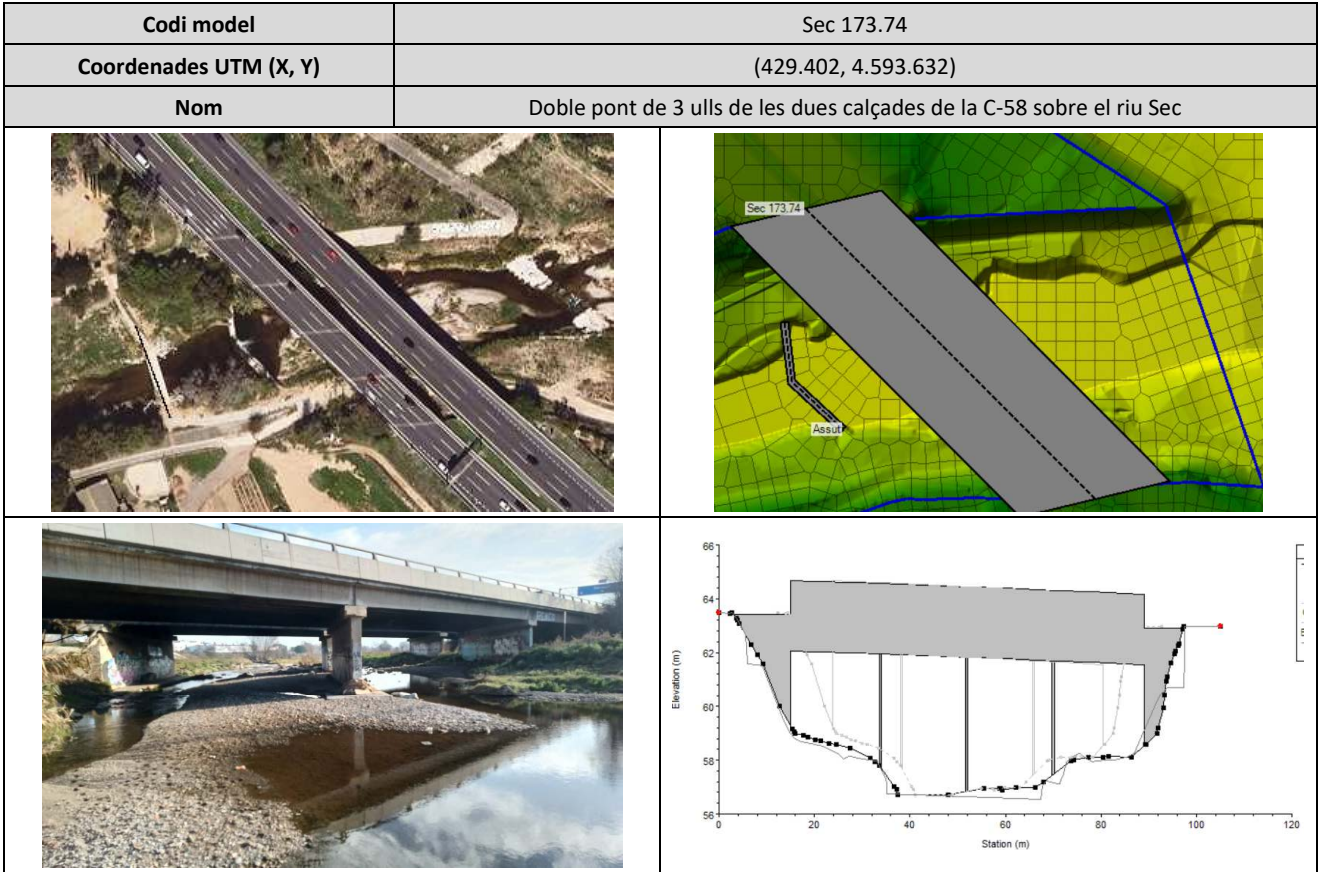
Tanmateix, el gual del riu Sec i l'assut existent també s'han representat en el model com a estructura tipus pont, donat que en el cas del gual es comprova que dona millors resultats numèrics que si es representa com una estructura tipus culvert, i en el cas de l'assut, com s'ha soscavat i l'aigua passa per sota, s'ha considerat que treballa com un tauler que deixa passar l'aigua per la par inferior.

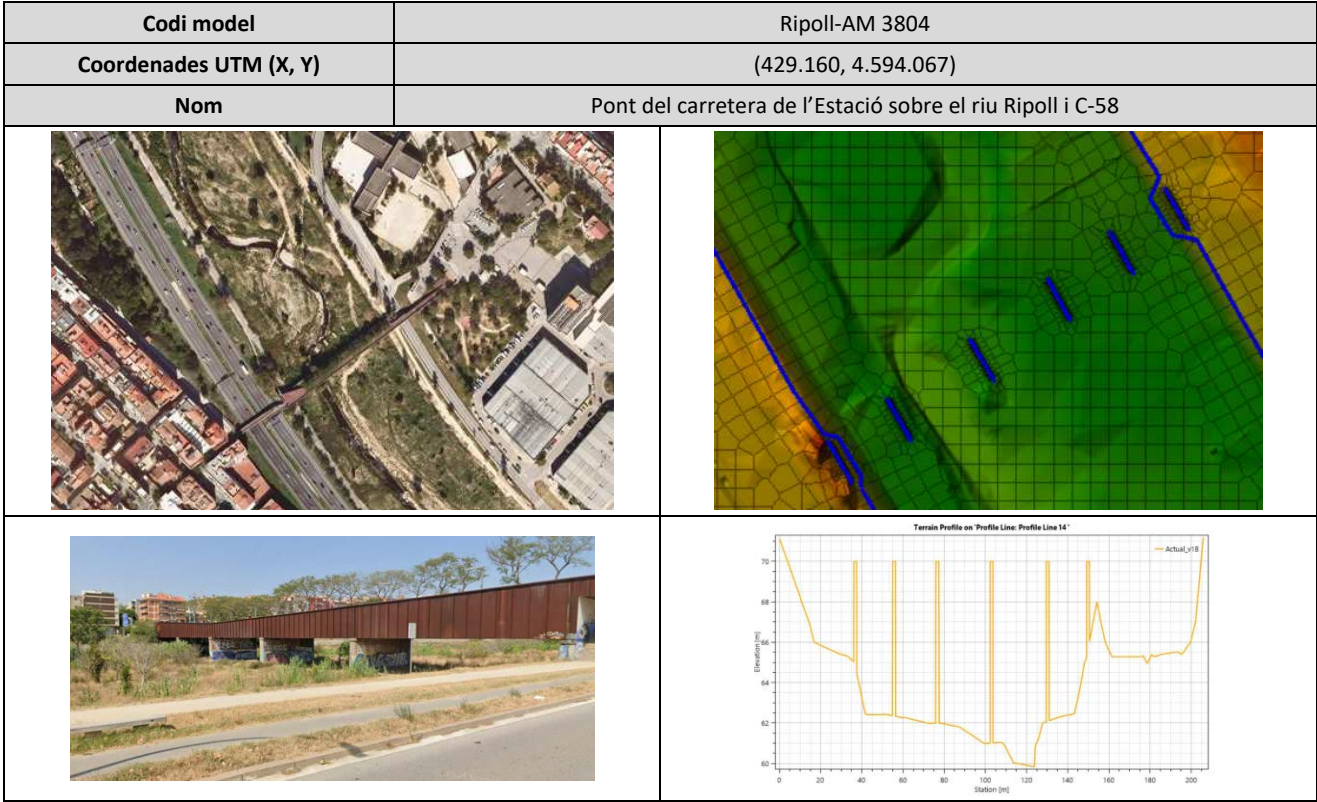
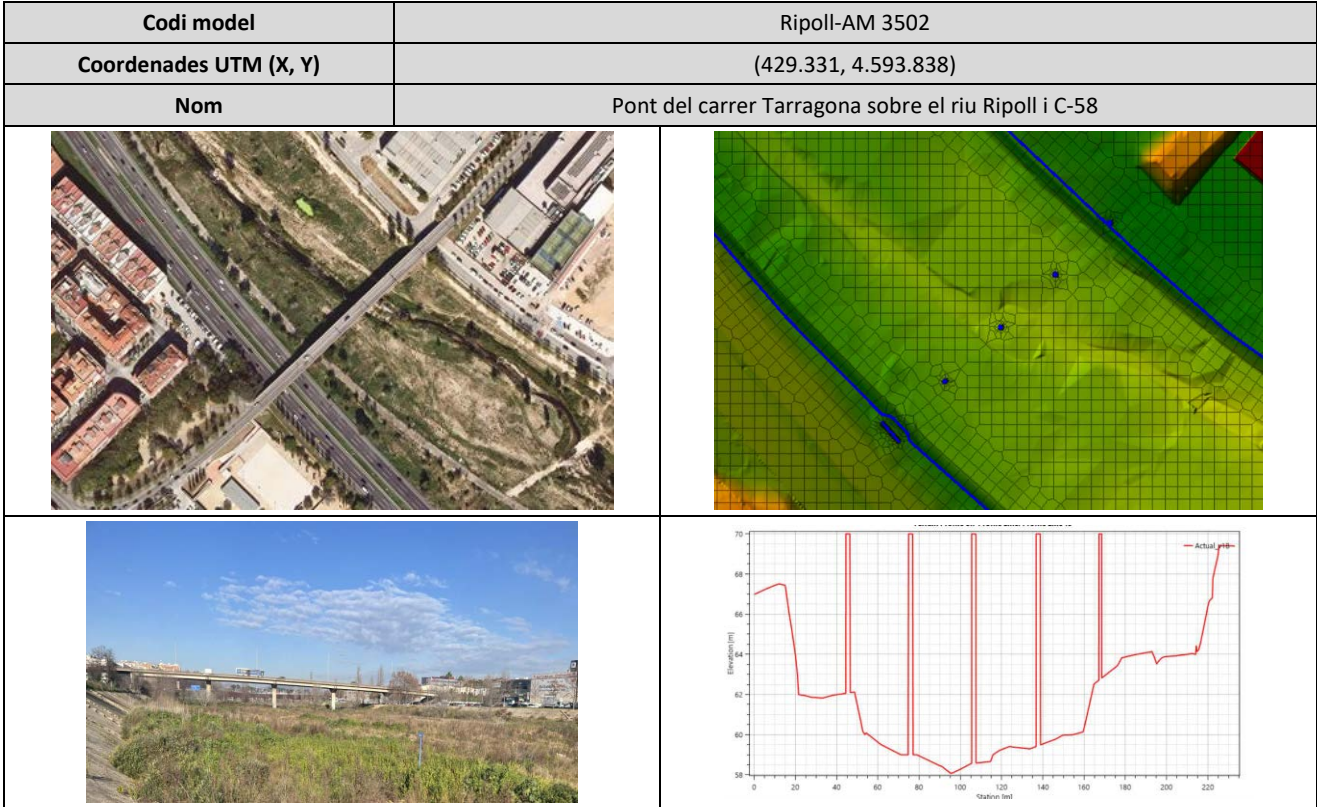
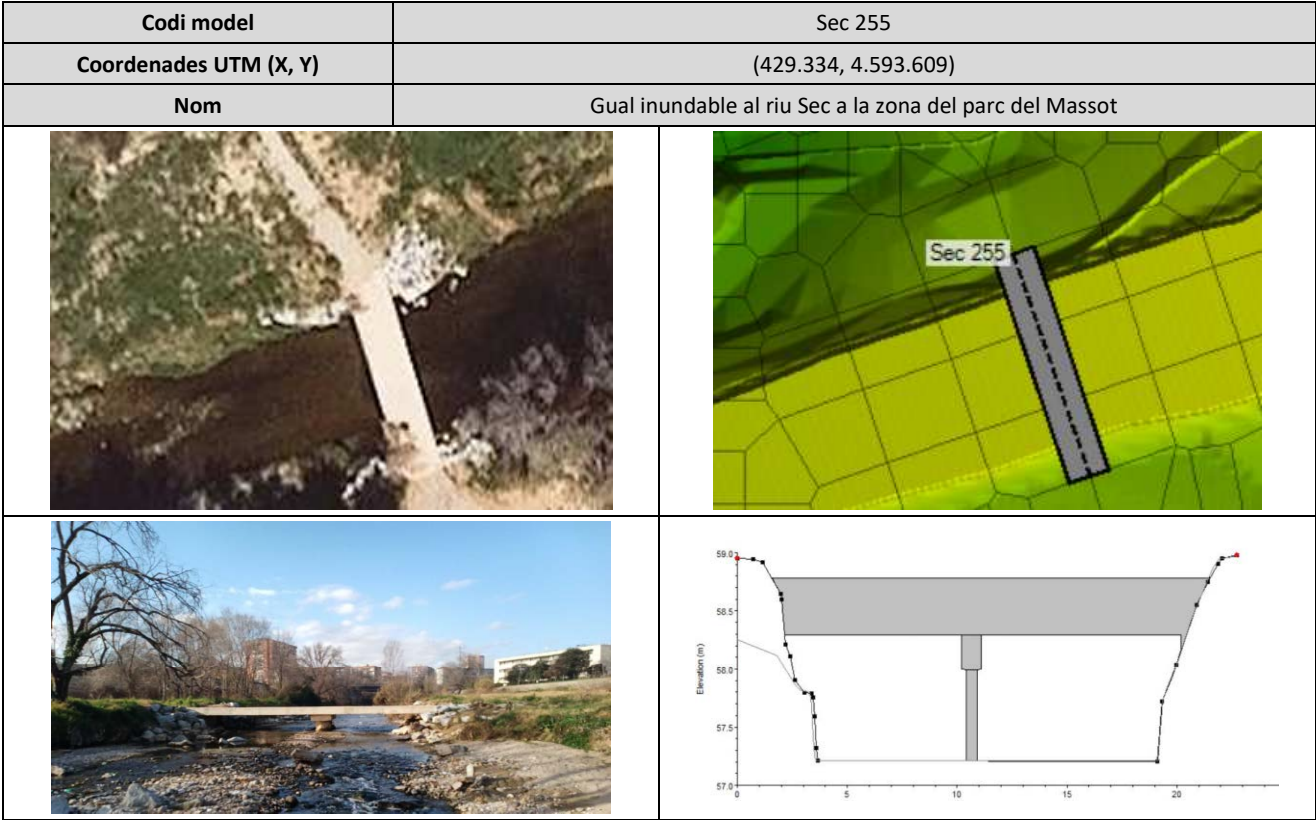
En l'escenari actual s'han identificat i definit vuit (8) estructures transversals:

Codi	Curs fluvial	Tipus	Model
Ripoll-AM 3502	Riu Ripoll	Pont	Piles
Ripoll-AM 3804	Riu Ripoll	Pont	Piles
Sec 173.74	Riu Sec	Pont C58	Pont
Assut	Riu Sec	Assut	Pont
Sec 255	Riu Sec	Gual Inundable	Pont
Sec 400	Riu Sec	Pont	Piles
Sec 535	Riu Sec	Pont ferroviari	Piles
Sec 587	Riu Sec	Passarel·la	Pont

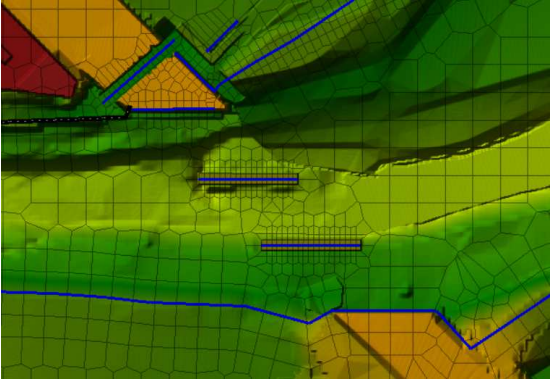
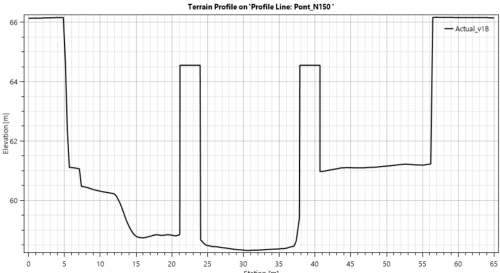
Taula 2. Resum estructures transversals representades.

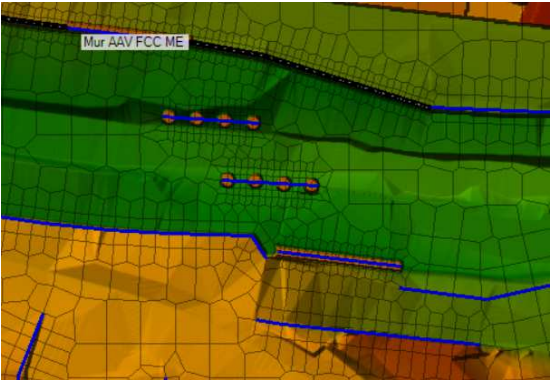
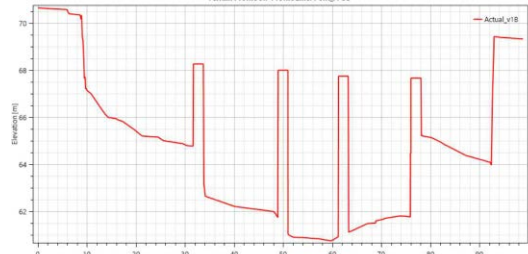
Les estructures representades com a tipus pont han estat (4) quatre:





Les estructures representades com a tipus pont representades únicament com les seves piles, perquè la làmina d'aigua no es troba pròxima a la part inferior del tauler, han estat (4) quatre:

Codi model	Sec 400
Coordenades UTM (X, Y)	(429.193, 4.593.572)
Nom	Pont de la N-150 sobre el riu Sec
	
	

Codi model	Sec 535
Coordenades UTM (X, Y)	(429.059, 4.593.577)
Nom	Pont de la ferrocarril (R4 i R7)sobre el riu Sec
	
	

3.5.3.Coefficients de rugositat

S’ha determinat un coeficient de rugositat de Manning (en endavant n) variable en l’espai, basat en la classificació present en el MCSC i assignant a cada grup un coeficient de rugositat representatiu de la seva resistència al flux, d’acord amb el document "Guia Metodològica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables", publicat pel Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino el 2011, per quantificar els valors del llinar d'escorrentiu i el coeficient de rugositat de Manning. En aquest document es relacionen aquests paràmetres amb les cobertures proposades pel “Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España” (SIOSE).

Per tal d'associar aquests paràmetres hidràulics a les cobertures del MCSC, ha esdevingut necessari recórrer a taules d'equivalències entre el MCSCv4 i el SIOSE, establertes en el document "Llegenda MCSC3-v2 i MCSC-4 / SIOSE-2. Codificació de les cobertes" redactat pel CREA. D’aquesta forma, ha estat possible vincular els valors propis de rugositat a les cobertures definides segons el MCSCv4.

Per a les lleres del riu Sec i el riu Ripoll, aquestes s’han delimitat planimètricament en base a la cartografia disponible, s’han subdividit en diversos trams i posteriorment s’ha determinat el coeficient de rugositat de Manning en base a la informació recollida a les visites de camp i seguint el procediment desenvolupat per Cowan¹. Igualment, s’han determinat com a valors de contrast, els recomanats per Ven te Chow² per a cadascun dels trams, proposant els següents valors per a les simulacions hidràuliques:

ID_Tram	n (Chow)	n (Cowan)							n adoptat
		n0	n1	n2	n3	n4	m	n	
n_sec_01	0.045	0.035	0.003	0.003	0.004	0.002	1	0.047	0.045
n_sec_02	0.040	0.035	0.001	0.001	0.001	0.002	1	0.040	0.040
n_rip_01	0.035	0.030	0.001	0.001	0.001	0.002	1	0.035	0.035
n_rip_02	0.030	0.030	0.000	0.000	0.001	0.000	1	0.031	0.030
n_rip_03	0.050	0.030	0.000	0.000	0.001	0.020	1	0.051	0.050

Taula 1. Coeficients de rugositat de Manning adoptats a les lleres.

¹ El método Cowan o multiparamétrico. 1956.

² Ven te Chow. Hidráulica de canales abiertos. McGraw Hill, 2004.



Figura 7. Coeficients de rugositat de Manning adoptats per a l'escenari actual.

3.5.4. Condicions de contorn

- Condicions de contorn d'entrada

En el present estudi, com a condicions de contorn d'entrada s'introdueixen els hidrogrames associats a les avingudes de període de retorn (T) de MCO, 10, 50, 100 i 500 anys.

En aquest cas, s'han pres com a cabals punta els obtinguts de la cobertura de cabals normalitzats de l'Agència Catalana de l'Aigua, publicada en el seu visor. Així doncs, s'han generat hidrogrames sintètics a partir de l'hidrograma adimensional del SCS, segons el document de 'Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local' de l'ACA.

t/T _p	Q/Q _p
0,0	0,000
0,1	0,030
0,2	0,100
0,3	0,190
0,4	0,310
0,5	0,470
0,6	0,660
0,7	0,820
0,8	0,930
0,9	0,990
1,0	1,000
1,1	0,990
1,2	0,930
1,3	0,860
1,4	0,780
1,5	0,680
1,6	0,560
1,7	0,460
1,8	0,390
1,9	0,330
2,0	0,280
2,2	0,207
2,4	0,147
2,6	0,107
2,8	0,077
3,0	0,055
3,2	0,040
3,4	0,029
3,6	0,021
3,8	0,015
4,0	0,011
4,5	0,005
5,0	0,000

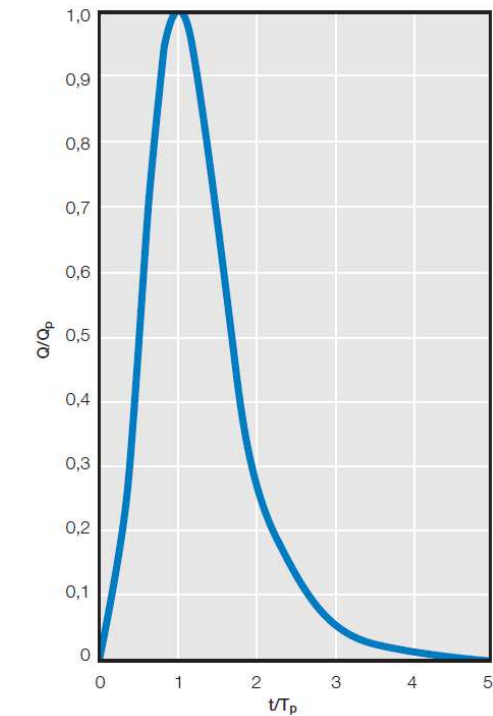


Figura 8. Hidrograma adimensional del SCS. Font: Guia tècnica 'Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local' de l'ACA.

Per a la definició de l'hidrograma adimensional del SCS cal conèixer dos paràmetres:

- Q_p , que és el cabal punta de l'hidrograma, provinent dels estudis anteriors.
- T_p , que és el temps pic de l'hidrograma i es pot calcular com:

$$T_p = \frac{D}{2} + 0,31 \cdot T_c$$

On, D , és la durada efectiva, calculada com $D \leq 0,09 T_c$ i, T_c , és el temps de concentració en hores.

Pel que fa al temps de concentració, es calcula segons el grau d'urbanització de la conca. En l'àmbit d'estudi la conca és principalment urbanitzada, amb un grau d'urbanització superior al 4% de l'àrea de la conca però el curs principal no es troba canalitzat en la seva totalitat.

L'expressió a emprar per al càlcul del temps de concentració de les dues conques és:

$$T_c = \frac{1}{1 + \sqrt{u(2-u)}} \cdot 0,3 \cdot \left(\frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

On, L , és la longitud del curs principal (km) i, j , és el pendent mitjà del curs principal expressat en tant per u (m/m), i u es el grau d'urbanització que va entre 0 i 1.

En el cas de la conca del riu Ripoll aigua amunt de la confluència amb el riu Sec s'obtenen els següents valors:

T (anys)	Q _p (m³/s)	Àrea conca (km²)	Longitud del curs (km)	Pendent mig (m/m)	Grau d'urbanització	T _c (h)
MCO	28,9	109,31	39,06	0,0152	0,181	6,85
10	89,3					
50	221,8					
100	297,6					
500	506,7					

Taula 2. Paràmetres per definir els hidrogrames sintètics i cabals punta considerats al riu Ripoll provinents de la cobertura de cabals normalitzats de l'ACA.

En el cas de la conca del riu Sec aigua amunt de la confluència amb el riu Ripoll s'obtenen els següents valors:

T (anys)	Q _p (m³/s)	Àrea conca (km²)	Longitud del curs (km)	Pendent mig (m/m)	Grau d'urbanització	T _c (h)
MCO	94,4	52,24	26,57	0,0327	0,501	3,72
10	176,2					
50	307,5					
100	373,5					
500	539,5					

Taula 3. Paràmetres per definir els hidrogrames sintètics i cabals punta considerats al riu Ripoll provinents de la cobertura de cabals normalitzats de l'ACA.

Al model hidràulic es representen dues seccions d'entrada, una per a cada riu aigua amunt de la confluència i dins de la zona d'influència de les actuacions a dur a terme.

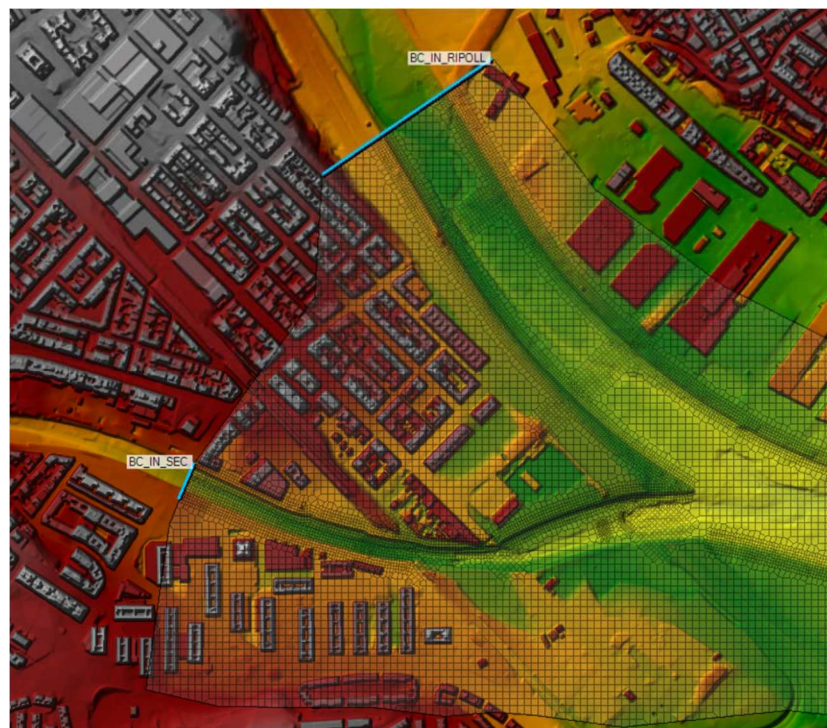


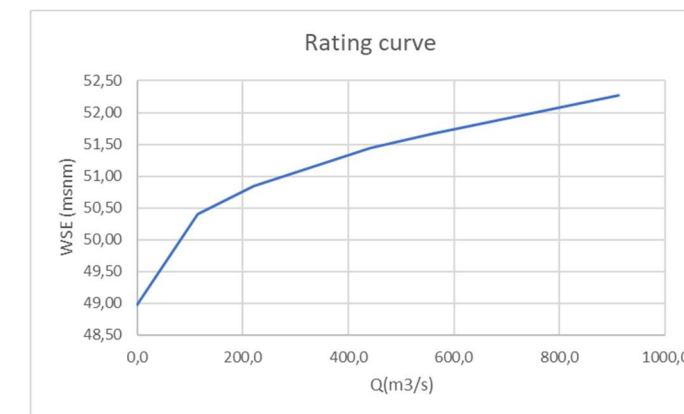
Figura 9. Ubicació de les condicions de contorn d'entrada al model hidràulic.

- Condicions de contorn de sortida

En el model hidràulic s'ha definit una única condició de contorn sortida:

- OUT_01: correspon a la sortida principal de la llera del riu Ripoll aigua avall de la confluència amb el riu Sec.

El model hidràulic té la seva sortida aigua amunt del pont de la Ronda de Ponent. A partir del model hidràulic unidimensional en HEC-RAS elaborat en l'“Estudi hidràulic d'alternatives de connectivitat fluvial sobre el riu Sec i adequació del Parc Massot al terme municipal de Ripoll”, s'ha imposat una corba de cabals a la sortida del model hidràulic realitzat per al present estudi.



T (anys)	Q (m³/s)	WSE (msnm)
-	0,0	48,97
MCO	114,0	50,40
10	221,1	50,85
50	442,6	51,44
100	561,3	51,68
500	911,2	52,28

Figura 10. Corba de cabals emprada per a la condició de contorn de sortida del model hidràulic.



Figura 11. Ubicació de la condició de contorn de sortida al model hidràulic.

3.5.5. Paràmetres de càlcul

Els principals paràmetres adoptats per a totes les simulacions hidràuliques han estat els següents:

- Temps màxim de simulació: 12 hores
- Interval de resultats: 10 minuts
- Δt màxim: 10 segons

En les simulacions realitzades per al model hidràulic s'ha fixat que el interval de temps estigui controlat per la condició de Courant. Els paràmetres per a l'ajust de Courant són:

- Valor màxim de Courant: 1
- Valor mínim de Courant: 0,45
- Número de passos per sota del mínim abans de duplicar: 10
- Nombre màxim de passos de temps duplicats: 2
- Nombre màxim de passos de temps de reducció a la meitat: 2
- Metodologia: Courant (velocitat * dt / longitud)

3.5.6. Resultats obtinguts

Com a resultat de les simulacions hidràuliques associades a **les avingudes de MCO, 10, 50, 100 i 500 anys de període de retorn** s'obtenen, principalment, els següents resultats:

- Ràster de calats (per a cada instant de temps de càlcul i màxims)
- Ràster de velocitats (per a cada instant de temps de càlcul i màxims)
- Ràster de cotes de làmina d'aigua (per a cada instant de temps de càlcul i màxims)

A continuació, es presenten els calats màxims obtinguts per a cada període de retorn d'estudi.

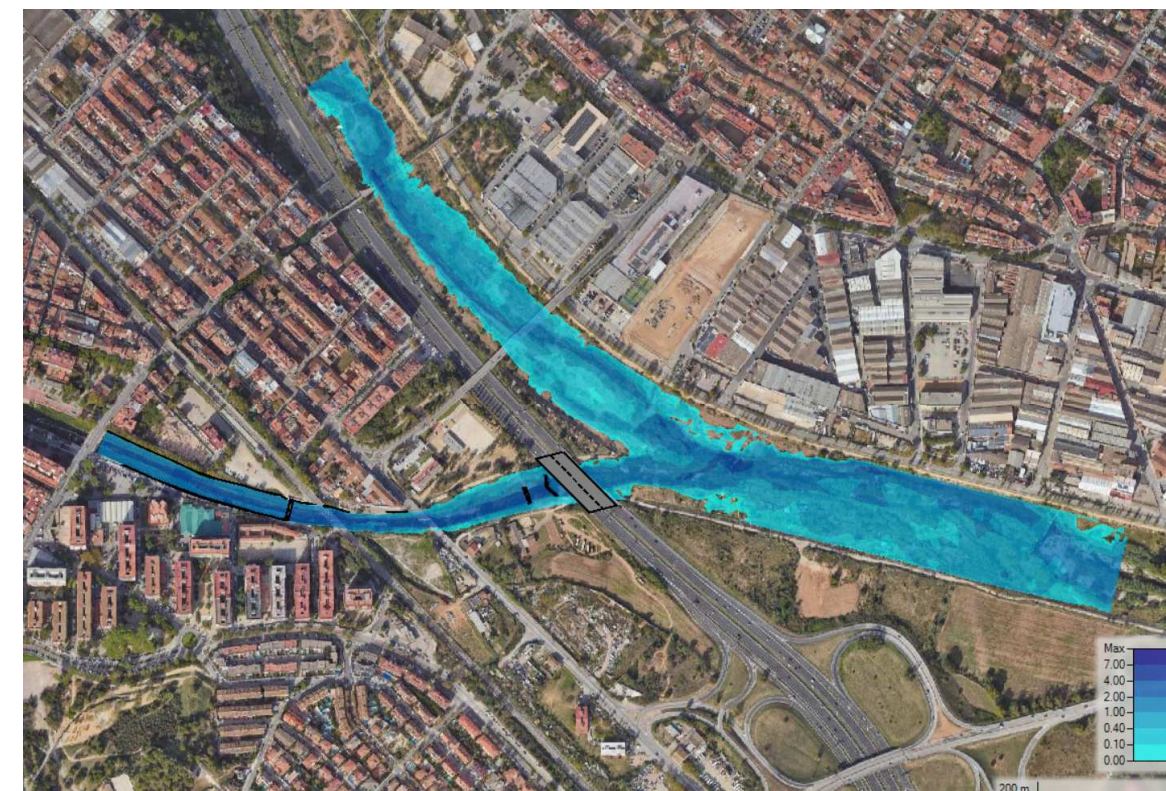


Figura 13. Calats d'inundació màxims associats a l'avinguda de 10 anys de període de retorn.



Figura 14. Calats d'inundació màxims associats a l'avinguda de 50 anys de període de retorn.

3.5.7. Anàlisi de la inundabilitat actual

A partir de l'anàlisi dels resultats de la situació actual, s'observa que l'actual endegament del riu Ripoll té capacitat per a tots els períodes de retorn però en canvi, l'endegament del riu Sec només té capacitat fins a un període de retorn de 50 anys, ja que a partir d'aquest, el riu es desborda entre el pont del ferrocarril i la carretera N-150 per ambdós marges, afectant també la zona del parc Massot degut a què l'aigua desbordada hi arriba a través del pas inferior existent sota la carretera. Aigua amunt, però, l'endegament té capacitat fins a un període de retorn de 100 anys.

Tenint en compte aquests resultats, i en relació amb les dues actuacions previstes en aquest projecte, cal destacar que caldrà comprovar que el nou gual no genera cap desbordament sobre el riu Ripoll, alhora que la modificació del parc Massot, haurà de mantenir com a mínim la cota actual del marge, però haurà de mirar d'evitar que l'aigua que ve desbordada aigua amunt del N-150 a través del pas inferior, torni al riu abans d'entrar al parc, afectant tant el CAP com les pistes esportives.

Pel que fa al marge dret, no s'observen inundacions importants entre el pont del ferrocarril i la C-58, que puguin generar problemes a futurs desenvolupaments urbanístics. Únicament, caldrà tenir en compte, que entre el pont del ferrocarril i la N-150 es genera una inundació en una zona deprimida actual a tocar del riu i que no arriba a la carretera ni a cap habitatge.

3.5.8. Zonificació de l'espai fluvial (segons Reial Decret 638/2016)

Tenint en compte els resultats obtinguts de la diagnosi i la darrera modificació del Reglament de Domini Públic Hidràulic (29/12/2016) es realitza la proposta de zonificació de l'Espai Fluvial en la diagnosi d'inundabilitat, delimitant el que es coneix amb el nom de Zona de Flux Preferent (ZFP).

La Zona de Flux Preferent és aquella zona en la que les avingudes generen formes erosives i sedimentàries degut a la seva gran energia al ser la zona en que es concentra preferentment el flux. Aquesta zona es delimita amb l'objectiu de conservar l'estructura i funcionament del sistema fluvial, dotant a la llera de l'espai addicional suficient per permetre la seva mobilitat natural, així com la laminació dels cabals i càrrega sòlida transportada, afavorint l'amortiment de les avingudes.

Per tant, es delimita la Zona de Flux Preferent dels trams d'estudi del riu Sec i el riu Ripoll a partir de la zona de risc d'inundació greu per a una avinguda de 100 anys de període de retorn. Aquesta delimitació es podrà prendre com a eina per al desenvolupament i implantació del plantejament urbanístic.



Figura 15. Calats d'inundació màxims associats a l'avinguda de 100 anys de període de retorn.



Figura 16. Calats d'inundació màxims associats a l'avinguda de 500 anys de període de retorn.

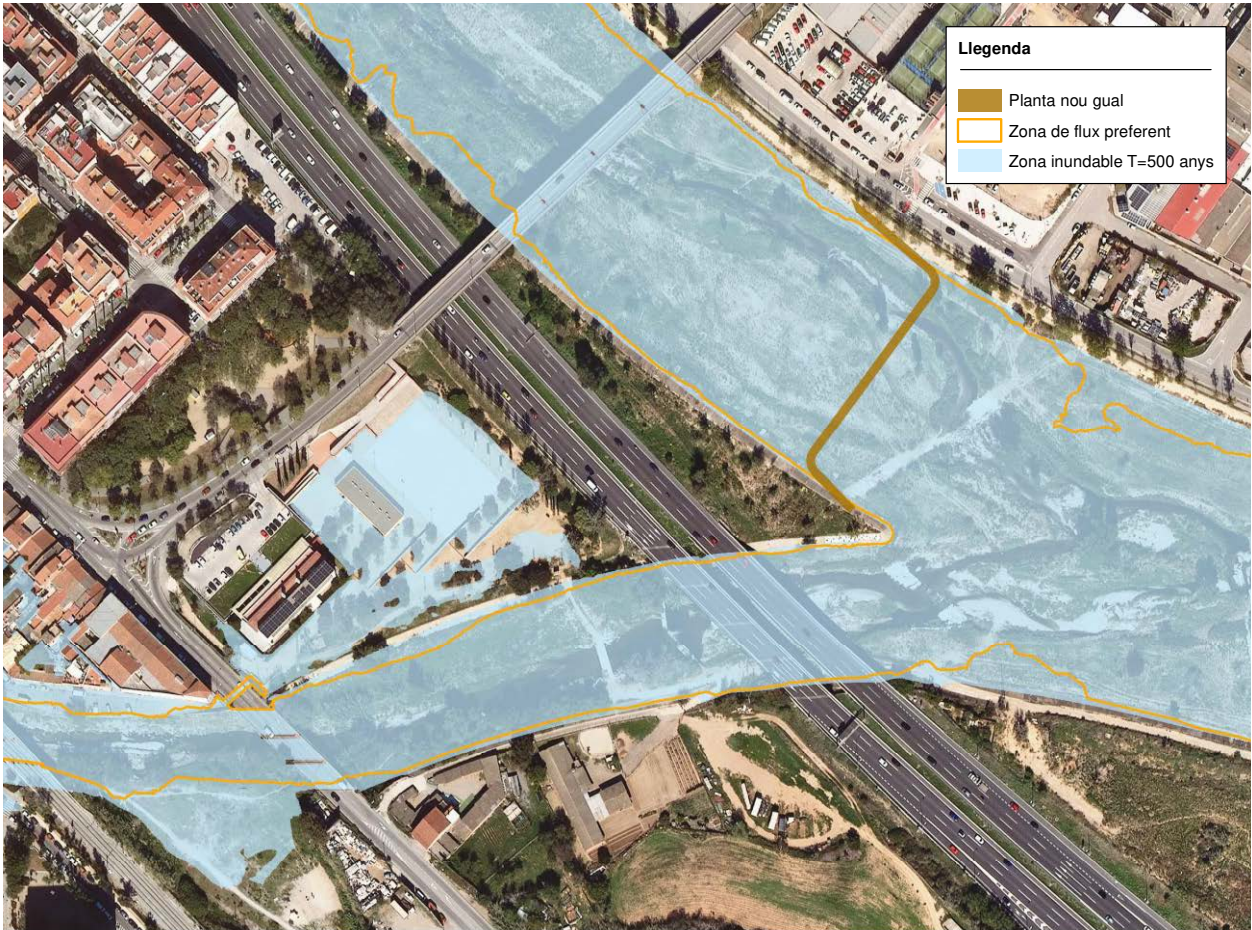


Figura 17. Zonificació de l’espai fluvial del riu Sec i el riu Ripoll en l’àmbit d’actuació del projecte

3.5.9.Càlcul d’erosions

S’ha completat la caracterització de la llera en el tram on es preveu ubicar el nou gual mitjançant el càlcul de l’erosió general transitòria.

La determinació de l’erosió general es basa en fonaments teòrics i experimentals, és a dir, amb formulacions semiempíriques. En la següent taula es presenten les formulacions utilitzades per al càlcul de la profunditat mitjana de l’erosió a llarg termini en lleres de material no cohesiu que compon la llera del riu Ripoll en el tram estudiat.

AUTOR	ECUACIÓN	OBSERVACIONES
Lacey (1930)	$h_{ms} = 0,389 \left(\frac{Q^{1/3}}{d_m^{1/6}} \right)$	
Blench (1969)	Para arenas de 0,06mm<d50<2mm $h_{ms} = 1,200 \left(\frac{q^{2/3}}{d_{50}^{1/6}} \right)$	Basado en estudios de rios de grava gruesa
	Para arenas de d50>2mm $h_{ms} = 1,230 \left(\frac{q^{2/3}}{d_{50}^{1/12}} \right)$	
Maza & Echavarría (1973)	$h_{ms} = 0,365 \left(\frac{Q^{0,784}}{B^{0,784} d_{50}^{0,157}} \right)$	Basado en alcances de varios autores, incluyendo estudios en Sudamérica d50 en (m)
Lischvan & Levediev (-)	$h_{ms} = 0,333 \left(\frac{q^{0,710}}{d_{50}^{0,199}} \right)$	Válido para el rango de las arenas d50 en (m)
Kellerhals (-)	$h_{ms} = 0,470 \left(\frac{q^{0,800}}{d_{90}^{0,120}} \right)$	Válido para lechos de grava d90 en (m)

B: Ancho de la superficie del agua (m)
d_{m, 50, 90}: Diámetro medio, diámetro donde el 50% y 90% del material es fino, respectivamente (mm)
h_{ms}: Profundidad media de socavación (m)
Q: Caudal de diseño (m³/s)
q : Caudal de diseño (m³/s.m)

Figura 18. Formulació utilitzada per al càlcul de l’erosió general en els trams a analitzar (sòls homogenis no cohesius). Font: Análisis de la Socavación en Cauces Naturales. Revista Politécnica-Febrero 2015, Vol.35, No. 3.

L’aplicació d’ambdues fórmules s’ha realitzat a la secció aigua amunt i a la secció aigua avall d’on es preveu ubicar el nou gual, considerant el cabal que circula per la llera principal del riu per a un període de retorn de 100 anys, considerat com a període de retorn de disseny.

Els paràmetres hidràulics per a cada una de les seccions, independentment de la formulació a emprar, s’han obtingut dels resultats de la simulacions hidràuliques en l’escenari actual, descrites en els apartats anteriors.

Les dades granulomètriques emprades corresponen a les de l’estudi hidràulic associat al projecte executiu *Recuperació de l’ecosistema fluvial al riu Ripoll i connexió per a vianants al terme municipal de Ripoll · nº 1841/17*.

Passa (%)	D (mm)
84	0.70
50	0.37

Figura 19. Caracterització granulomètrica de la llera del riu Ripoll emprada.

A continuació es presenten les taules completes emprades per al càlcul d’erosions en cadascuna de les seccions definides anteriorment.

Càlcul de l'erosió general transitòria al riu Ripoll (T=100 anys)			
Dades		XS US	XS DS
Profunditat inicial	d ₀	1.93	1.80
Període de retorn (anys)	T	100	100
Coeficient de rugositat	n	0.035	0.035
Pendent	S	0.0078	0.0078
Pes volumètric	γ _d	1890	1890
D ₅₀ (m)		0.0004	0.0004
D ₈₄ (m)		0.0007	0.0007
D ₉₀ (m)		0.0012	0.0012
D _m (m)		0.0010	0.0010
Cabal	Q	297.08	297.08
Ample	B _e	109.7	109.7
Profunditat promig	d _m	0.97	0.92
Pes específic	γ _s	2000	2000
Velocitat promig secció	V	2.49	2.40
Velocitat màxima	V _{màx}	3.52	3.68
Formulació erosió general (h_s)			
Lacey (1930)		7.29	7.34
Blench (1969) (gravas) D ₅₀ <2mm		1.78	1.83
D ₅₀ >2mm			
Maza & Echavarría (1973)		1.79	1.84
Lischtván & Levediev (arenas)		2.29	2.34
Kellerhals (gravas)		1.36	1.41
Erosió general promig (m)		2.90	2.95
Erosió general màxima (m)		7.29	7.34

Figura 20.

Erosió general transitòria calculada a les seccions aigua amunt (XS US) i aigua avall (XS DS) del gual a projectar.

A partir dels resultats exposats a la taula anterior, s’ha considerat una erosió general transitòria de 3 metres, associada a una avinguda de 100 anys de període de retorn.

3.6. Escenari projecte

Prenent com a base les simulacions hidràuliques de l'escenari actual, descrites anteriorment, s'han introduït les modificacions geomètriques associades a les següents actuacions:

- Modificació del marge esquerre de l'endegament a l'alçada del Parc Massot.
- Eliminació de l'assut existent aigua avall del nou gual del riu Sec.
- Obertura lateral del mur del rampa del pas inferior per evacuar les aigües que venen desbordades d'aigua amunt del pont de la N-150.
- Construcció d'un nou gual al riu Ripoll.

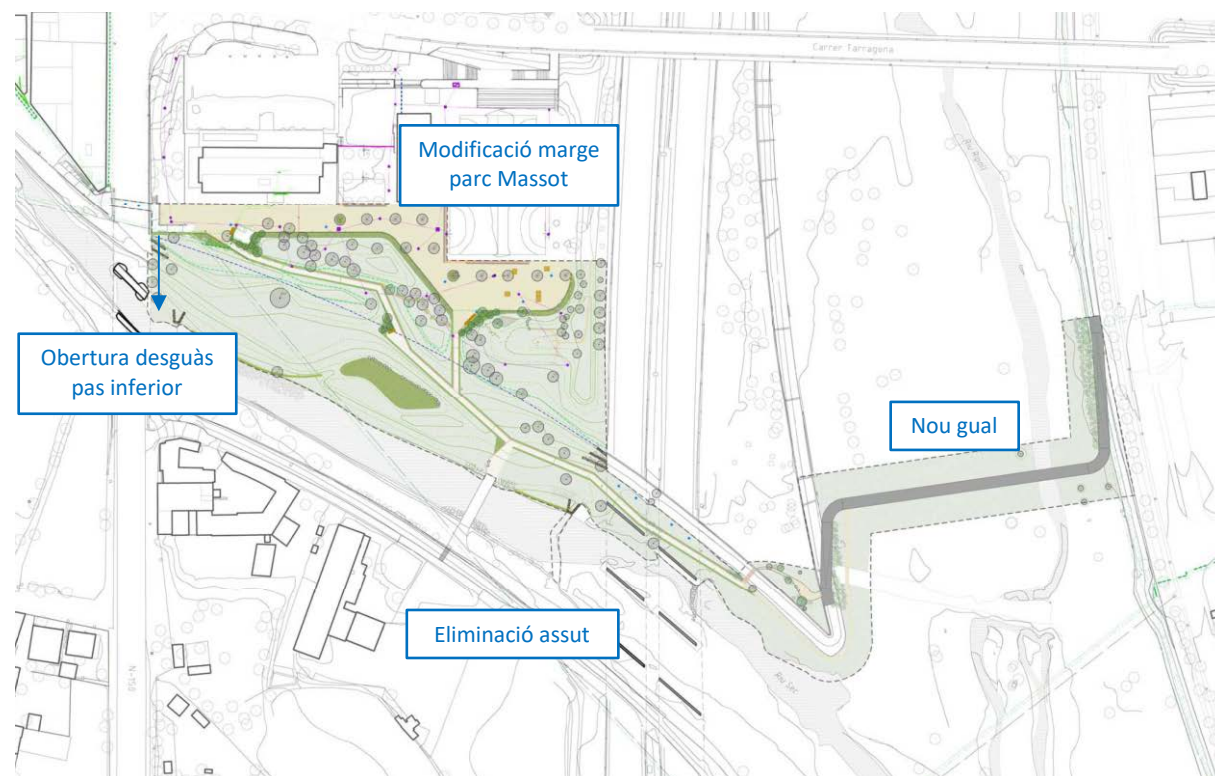


Figura 21. Representació en planta de les actuacions proposades.

La metodologia per a l'elaboració de la geometria del terreny, les condicions de contorn d'entrada i de sortida i els paràmetres de càlcul de les simulacions de l'escenari de projecte són les mateixes que les de l'escenari actual.

3.6.1. Modificació de la geometria respecte l'actual

Respecte les simulacions de l'escenari actual, s'ha modificat la seva geometria, incloent les modificacions del terreny associades a la modificació de l'endegament i la llera en la zona del Parc Massot, i la incorporació del nou gual del riu Ripoll i tots els seus elements. S'hi inclou:

- Nou MDT de la geometria del talús i camins en la zona del Parc Massot, a partir de la proposta facilitada per l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

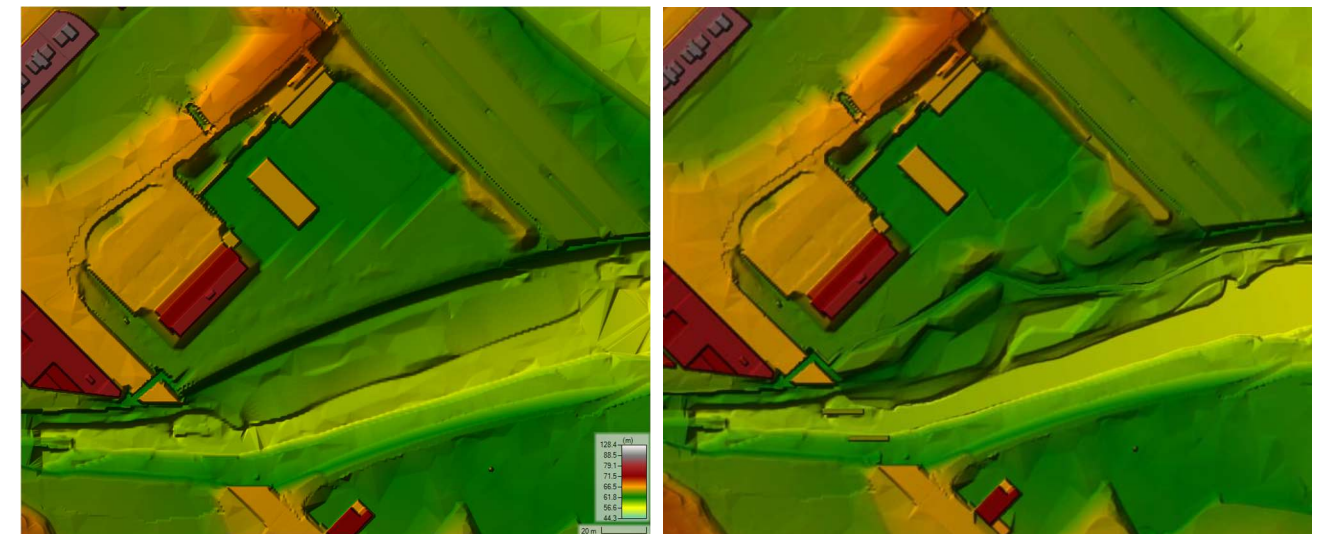


Figura 22. Modificació de la geometria del terreny a l'alçada del parc Massot.

- Eliminació de l'assut del riu Sec, sense modificar la llera actual suposada donat que l'assut a dia d'avui ja es troba descalçat.

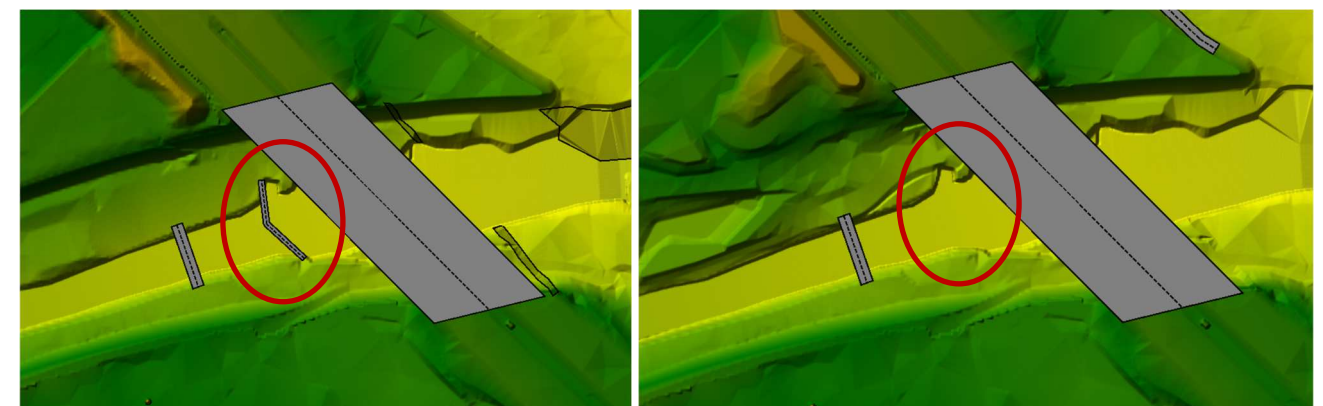


Figura 23. Eliminació de l'assut.

- Obertura lateral del mur del rampa del pas inferior per a evacuar les aigües que venen desbordades d'aigua amunt del pont de la N-150.

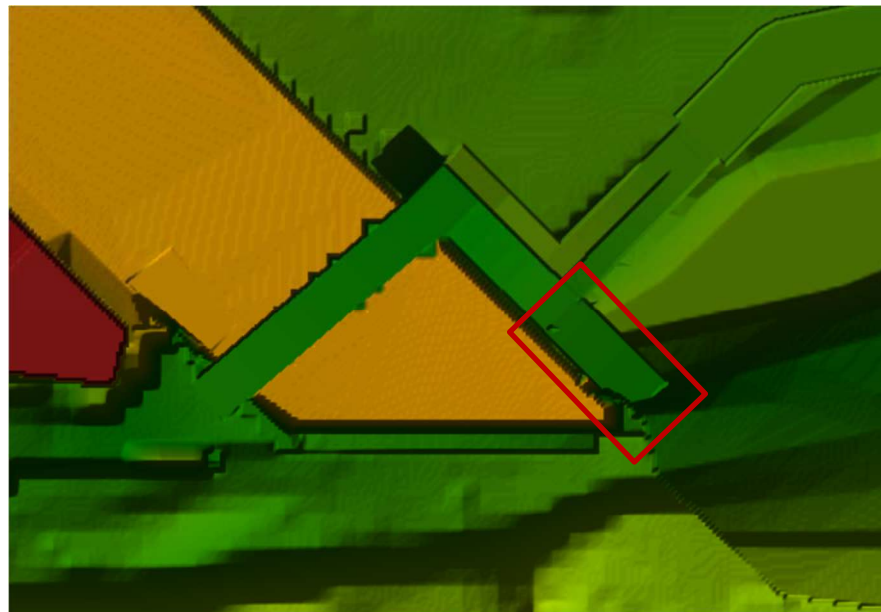


Figura 24. Obertura lateral del mur del pas inferior per a creació de desaigua

- Incorporació de l'estructura del nou gual al riu Ripoll, amb els seus accessos i incloent els estreps laterals.

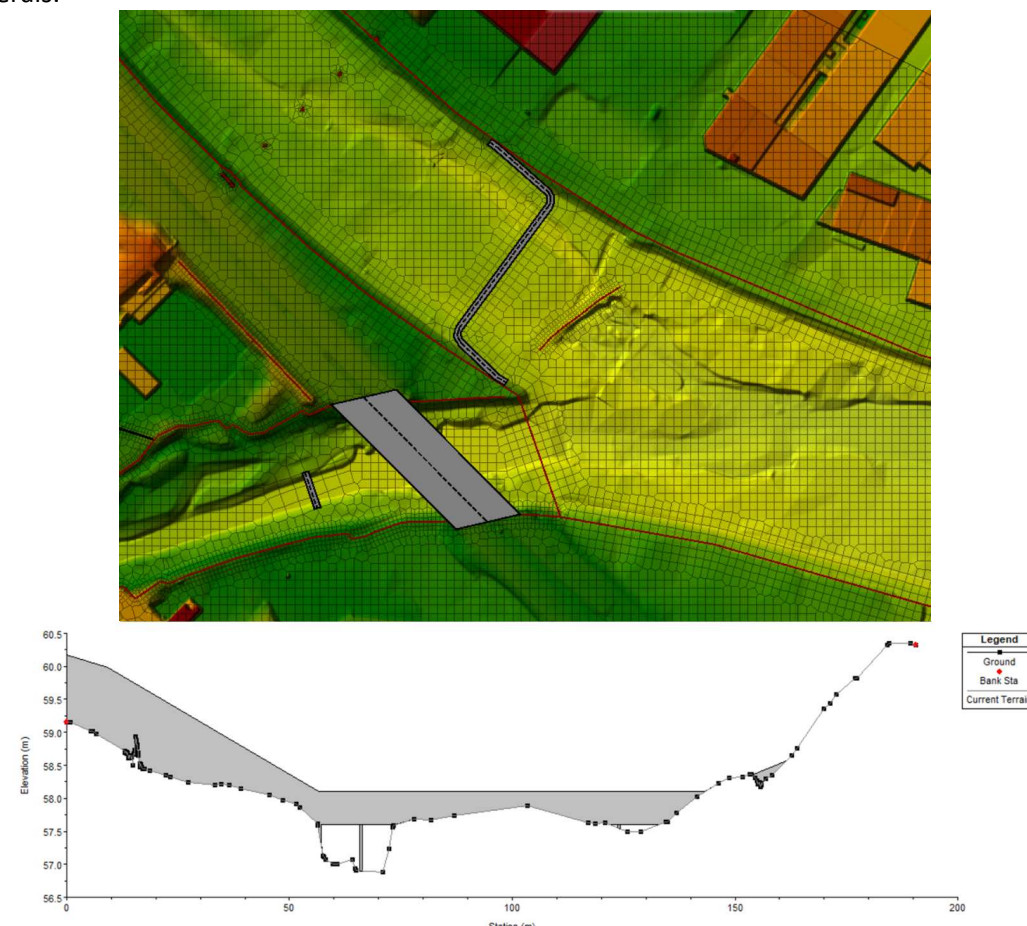


Figura 25. Ubicació en planta i secció del nou gual projectat al riu Ripoll.

En la figura anterior, s'observen els ulls que quedaran oberts, però el gual es projecta de forma que tota l'amplada de la llera sigui permeable i les obertures es vagin obrint i tancant en funció de com es vagi desplaçant en planta el canal d'aigües baixes de la llera.

Característiques geomètriques	
Longitud gual	
Amplada gual	4 m
Núm. ulls	9 ulls
Llum ulls	9 m
Cota superior taulell	58.1 msnm
Gruix llosa gual	0,5 m

Taula 4. Resum estructures transversals representades.

En aquest escenari, la malla de càlcul s'ha modificat per incloure les modificacions respecte l'escenari actual, incloent les línies de trencament que defineixen la nova geometria.

A continuació, es presenta una taula amb les característiques de la malla resultant per a cada escenari de càlcul:

Malla (escenari)	Núm. elements	Àrea mínima element (m²)	Àrea màxima element (m²)	Àrea mitjana element (m²)
Actual	40.847	0,14	77,09	22,16
Proposta	41.326	0,14	79,66	21,90

Taula 5. Característiques de les malles de càlcul.

3.6.2. Estructures

Pel que fa a les estructures, s'han mantingut les estructures de l'estat actual, a excepció de l'assut aigua avall del gual del riu Sec (assut), el qual s'ha eliminat, i s'ha afegit l'estructura del nou gual inundable (veure figura 19).

Per al disseny d'aquest gual s'han seguit les "recomanacions genèriques per al disseny de guals inundable", redactat per l'Agència Catalana de l'Aigua l'any 2023, en les quals es defineix que:

- Si es tracta de cursos fluvials estudiats dins del marc del document *Els recursos hídrics en règim natural a les conques internes de Catalunya (1940-2000)*, caldrà dissenyar els tubs i/o calaixos per a garantir el desguàs del cabal diari igualat o superat el 5% dels dies de l'any (Q5%).

A més, s'ha comprovat que les sobrelevacions generades per la implantació del nou gual no generen noves afeccions a tercers o incrementen el risc per a les avingudes de 100 i 500 anys de període de retorn.

3.6.3. Coeficients de rugositat

En l'escenari de projecte, s'han considerat els mateixos coeficients de rugositat de Manning que en l'escenari actual.

3.6.4. Condicions de contorn i paràmetres de càlcul

Per a les simulacions hidràuliques de l'escenari de projecte, es mantenen les condicions de contorn d'entrada i de sortida així com els paràmetres de càlcul descrits per a l'escenari actual.

3.6.5. Resultats obtinguts

S'ha simulat l'escenari de projecte per a les avingudes de MCO, 10, 50, 100 i 500 anys de període de retorn i s'han obtingut les variables hidràuliques per caracteritzar les zones inundables amb la nova configuració proposada. S'ha determinat l'extensió de les zones inundables associades a cadascun dels períodes de retorn de càlcul, a partir dels rasters de calats, representats a continuació en la zona objecte d'anàlisi per a l'escenari de projecte.

En el cas del nou gual inundable, s'ha comprovat que l'estructura tingui capacitat, sense veure's superada, pel cabal Q5% i s'han calculat les sobreelevacions de la làmina d'aigua generades per la implantació del gual per a diferents períodes de retorn.

A la següent figura es pot observar com el gual no es veu superat pel flux per al cabal associat a Q5%.

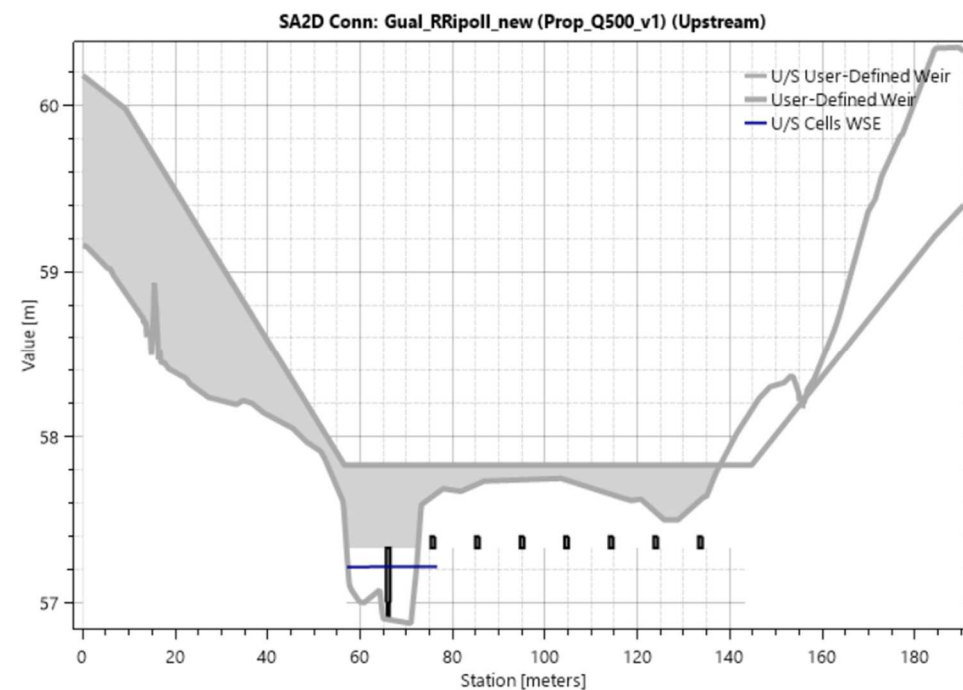


Figura 26. Làmina d'aigua màxima aigua amunt i aigua avall del gual per a Q5%

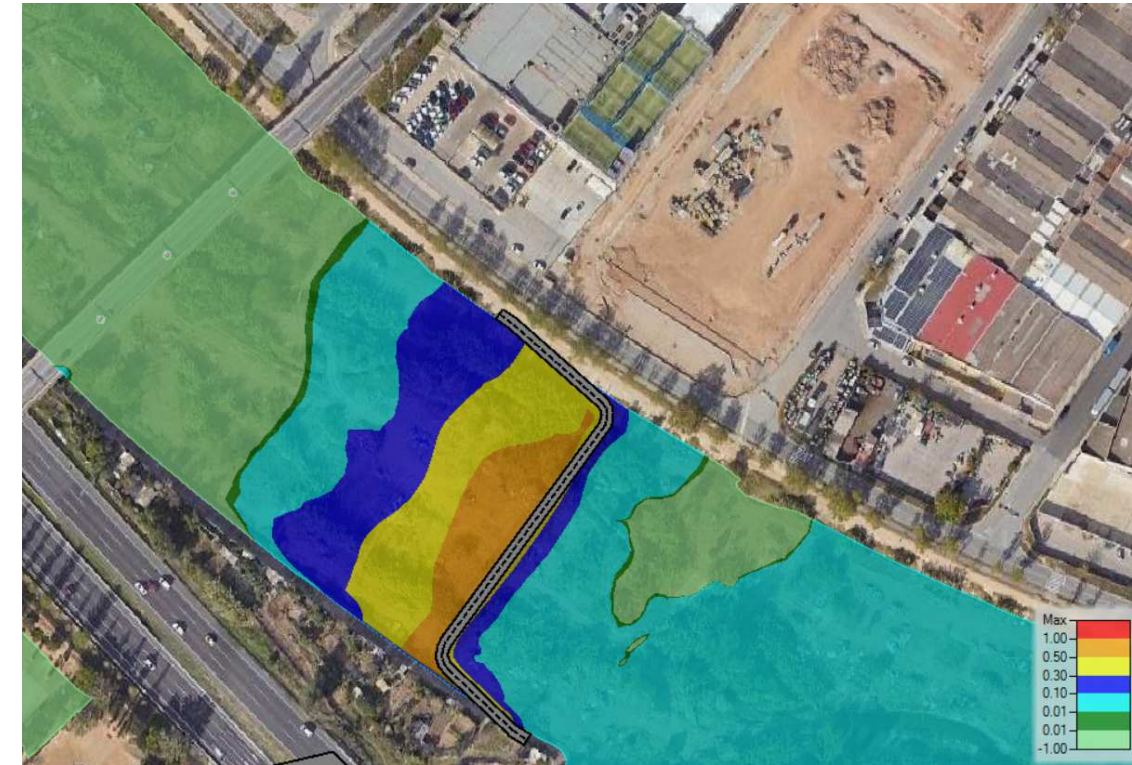


Figura 27. Sobreelevacions de la làmina d'aigua per a les avingudes de 100 anys de període de retorn en l'entorn del nou gual.

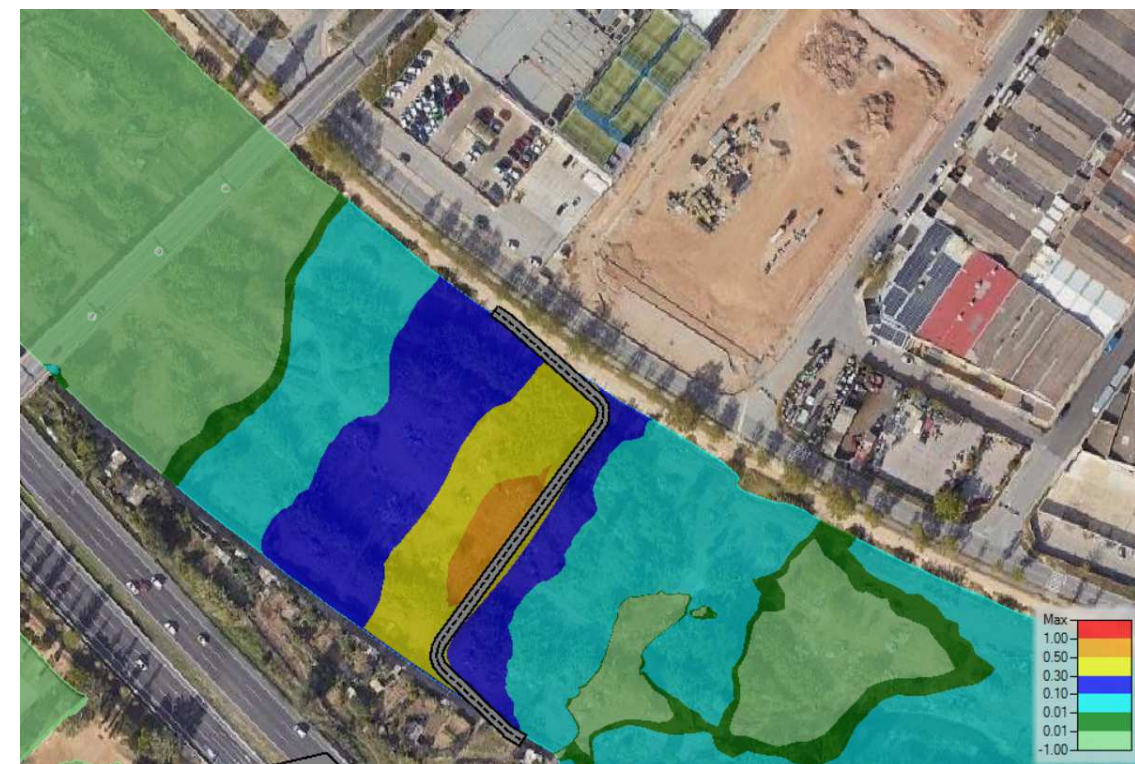


Figura 28. Sobreelevacions de la làmina d'aigua per a les avingudes de 500 anys de període de retorn en l'entorn del nou gual.

Pel que fa a les modificacions de la geometria del terreny a l'alçada del parc Massot i a la nova proposta de desguàs del pas inferior, aquestes milloren la inundabilitat, eliminant la inundació del marge esquerre a la zona del parc Massot i el CAP existent per a les avingudes de 100 i 500 anys de període de retorn, tot i que no s'aconsegueix evitar que el pas inferior s'inundi. Pel que fa al marge dret, es manté la inundabilitat actual, que es puntual en una zona deprimida entre el pont del ferrocarril i N-150.

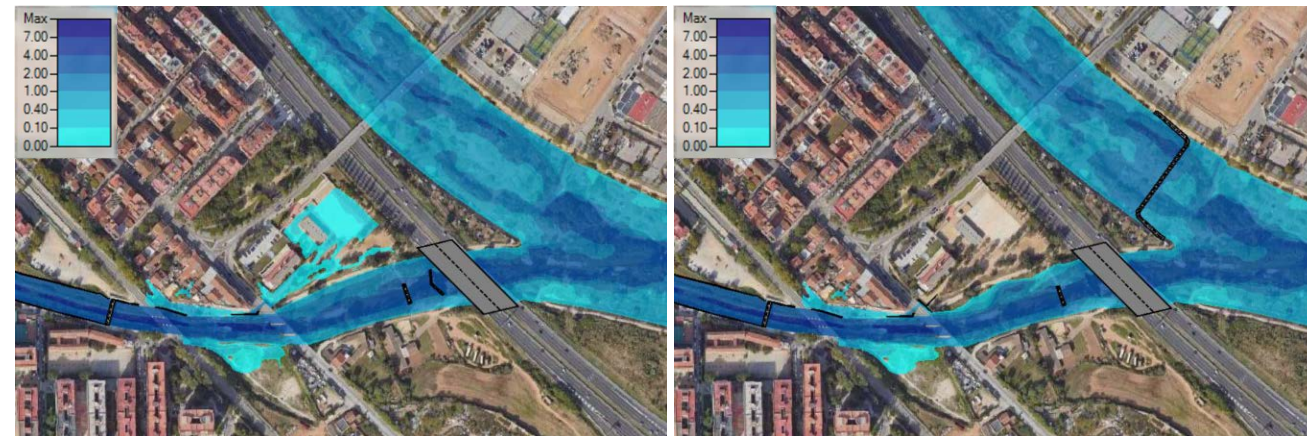


Figura 29. Calats d'inundació associats a les avingudes de 100 anys de període de retorn, en l'escenari actual (esquerra) i en el proposat (dreta).



Figura 30. Calats d'inundació associats a les avingudes de 500 anys de període de retorn, en l'escenari actual (esquerra) i en el proposat (dreta).

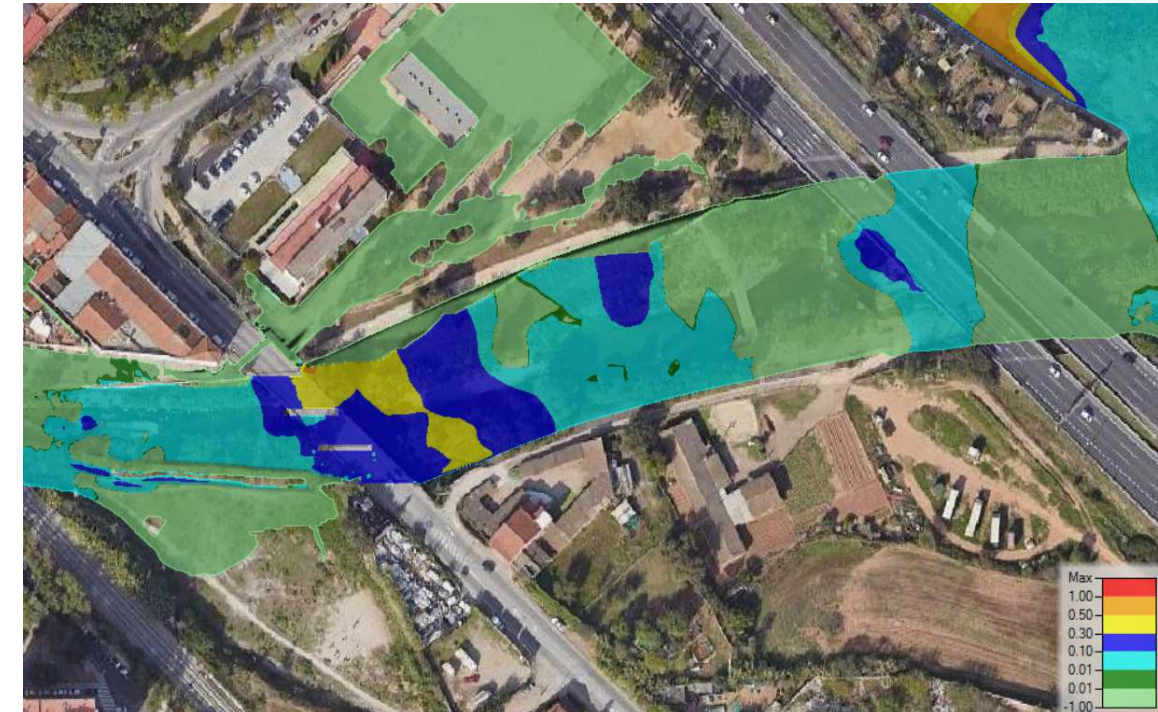


Figura 31. Sobreelevacions de la làmina d'aigua per a les avingudes de 100 anys de període de retorn en l'entorn del nou gual.

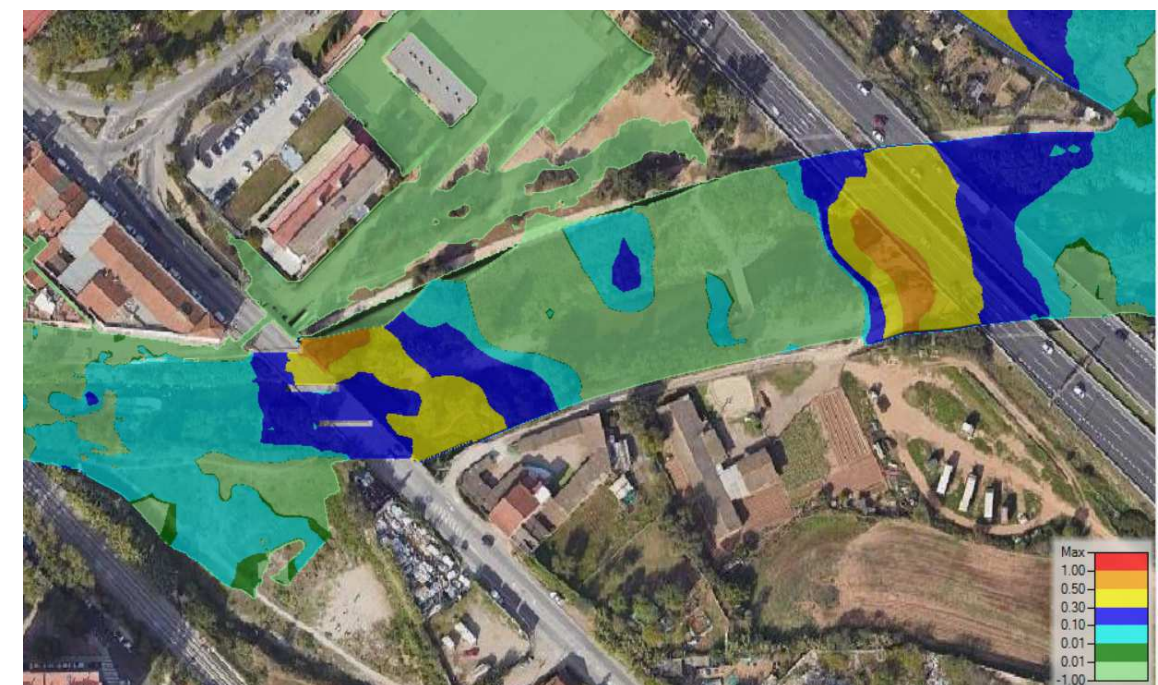


Figura 32. Sobreelevacions de la làmina d'aigua per a les avingudes de 500 anys de període de retorn en l'entorn del nou gual.

3.6.6. Càlcul d'escullera i altres elements de protecció

Per al dimensionament de l'escullera a col·locar als estreps del gual projectat, ja que la simulació hidràulica executada i descrita anteriorment permet caracteritzar el flux de manera detallada, es proposa un procediment analític, a partir de la determinació de la tensió de tall generada pel flux a tots els punts del domini i aplicant un criteri de principi de moviment. En aquest cas, s'utilitzarà la fórmula de Shields (1936) per al càlcul de la tensió crítica:

$$\tau_c = 0,056 \times (\gamma_s - \gamma) \times D$$

Essent:

γ_s el pes específic de les partícules (en aquest cas, 26.500 N/m³).

γ el pes específic de l'aigua (10.000 N/m³).

D el diàmetre crític.

Els paràmetres hidràulics emprats són els obtinguts en la simulació descrita en l'apartat anterior per a l'avinguda de 100 anys de període de retorn.

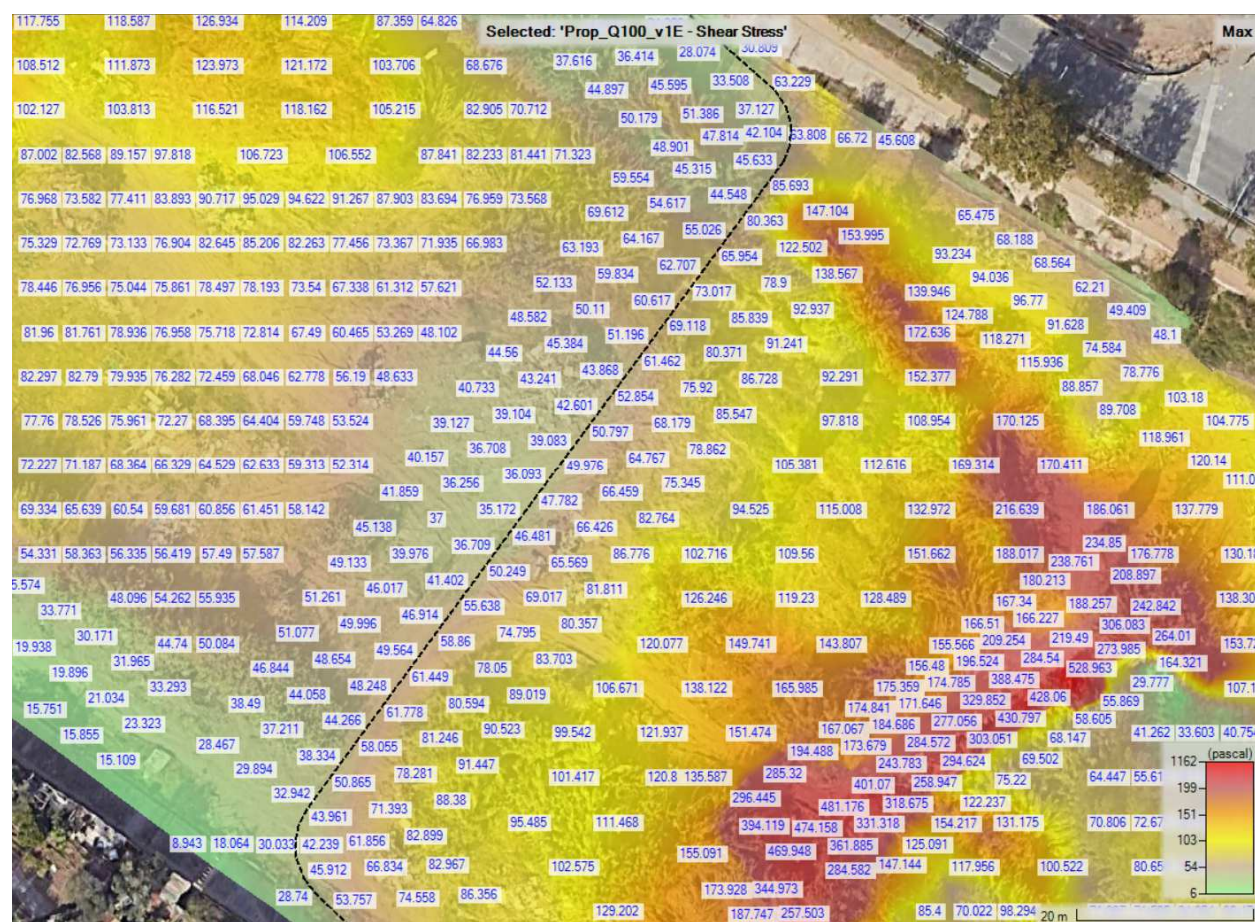


Figura 33. Tensions de tall (N/m²) màximes associades a T100 al tram d'estudi

Per obtenir el diàmetre mínim dels elements d'escullera a disposar, s'ha aplicat la fórmula següent sobre els resultats representats a la figura anterior.

$$D = \frac{\tau_c}{0,056 \times (\gamma_s - \gamma)}$$



Figura 34. Diàmetre mínim dels elements d'escullera.

D'aquesta forma, es pot determinar que el diàmetre mínim (dimensió característica) dels elements d'escullera que conformin els estreps del nou gual i les proteccions de les rampes d'accés hauria de ser de l'ordre de 20 centímetres per a garantir la seva estabilitat per al cabal associat a 100 anys de període de retorn, donat que la capacitat d'arrossegament és relativament petita.

Per tal de quedar del costat de la seguretat i donar coherència al gual projectat amb altres actuacions anteriors al riu Ripoll, l'escullera a disposar al nou gual, tant als estreps com a les rampes d'accés estarà conformada per blocs de 300-1.000 kg.

Pel que fa a als altres elements de protecció que es puguin disposar en l'entorn de l'actuació, tals com solucions basades en la naturalesa o bioenginyeria, a continuació es presenta el mapa de velocitats màximes associades a l'avinguda de 100 anys de període de retorn, que es podrà prendre com a referència per a la determinació de les solucions a adoptar.

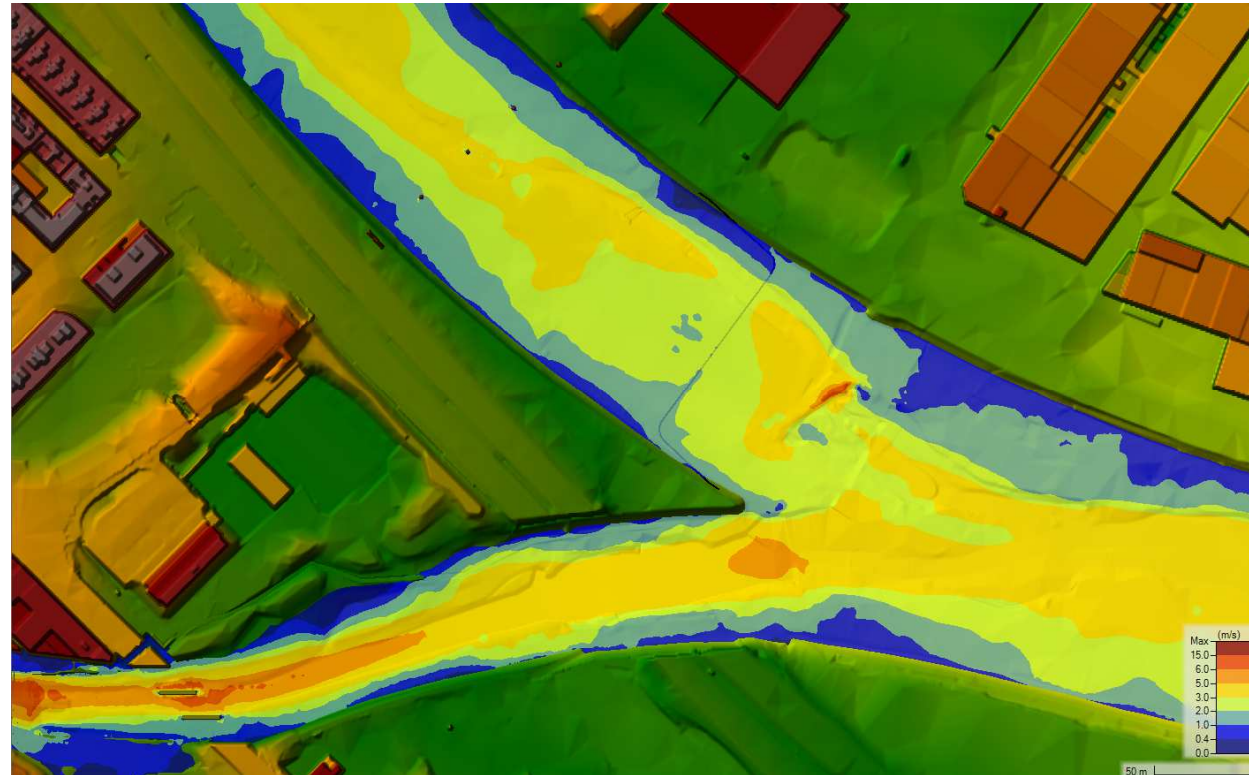


Figura 35. Velocitats màximes associades a T100 al tram d'estudi

APÈNDIX NÚMERO 1. MAPES DE L'ESTUDI HIDRÀULIC

Índex de mapes:

01.1 Àmbit estudi hidràulic

02.1 Delimitació de zones inundables

03.1 Zonificació de l'espai fluvial

04.1 Calats inundació MCO escenari actual

04.2 Calats inundació T=10 anys escenari actual

04.3 Calats inundació T=100 anys escenari actual

04.4 Calats inundació T=500 anys escenari actual

05.1 Velocitats màximes T=100 anys escenari actual

05.2 Velocitats màximes T=500 anys escenari actual

06.1 Calats inundació T=100 anys escenari proposta

06.2 Calats inundació T=500 anys escenari proposta

07.1 Velocitats màximes T=100 anys escenari proposta

07.2 Velocitats màximes T=500 anys escenari proposta

08.1 Sobreelevacions làmina aigua T=100 anys

08.2 Sobreelevacions làmina aigua T=500 anys