BARCELONA REGIONAL
AGÈNCIA DESENVOLUPAMENT URBÀ

AMB

PROJECTE BÀSIC PER A LA MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS

(Exp. 20-2024).

TOM I de I. DOCUMENT Nº 1: MEMÒRIA I ANNEXOS; DOCUMENT Nº 2: PLÀNOLS; DOCUMENT Nº 3: PRESSUPOST

Autors del Projecte

F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA
Eng. de Camins, C. i P.; Col. nº 11.275

JOSÉ Á IGLESIAS MEJUTO
Eng. Tècnic d´Obres Públiques; Col. nº 11.203

Empresa Consultora

MARCIGLOB Maritime & Civil Global Consultancy Solutions

DESEMBRE DE 2024

ÍNDEX DEL PROJECTE

DOCUMENT Nº 1: MEMÒRIA i ANNEXOS

MEMÒRIA
ANNEXOS
Annex nº 1. Reportatge fotogràfic
Annex nº 2. Estudi del Clima Marítim
Annex nº 3. Estudi de dinàmica litoral
Annex nº 4. Estudi d´alternatives
Annex nº 5. Dimensionament de les obres
Annex nº 6. Programa de treballs

DOCUMENT Nº 2: PLÀNOLS

1. Situació i emplaçament.
2. Situació actual.
3. Planta d´ excavacions.
4. Planta de les obres i de relació amb el DPMT.
5. Situació de seccions tipus.
6. Seccions tipus.
7. Perfils d´amidament (espigó i excavacions/reblerts a la platja)
8. Adequació de la mota de ponent (planta d´obres i perfils d´amidament).

DOCUMENT Nº 3: PRESSUPOST

Amidaments
Quadre de preus nº 1
Pressupostos parcials
Pressupost Total

DOCUMENT Nº 1: MEMÒRIA I ANNEXOS

MEMÒRIA

B	19-12-24	Emissió per a Comentaris del Client	JIM	JEG	JEG
A	18-12-24	Emissió per a Comentaris Interns	JIM	JEG	JEG
Edició	**Data**	**Descripció**	**Realitzat**	**Revisat**	**Aprovat**

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS 1
2. OBJECTIUS 1
3. NIVELL DE REFERÈNCIA 1
4. SITUACIÓ ACTUAL 1
5. ANTEDECENTS HISTÒRICS RELLEVANTS I FITES GEOGRÀFIQUES DE LA ZONA DE PROJECTE I RODALIES 2
6. EVOLUCIÓ DEL TRAM DE COSTA I PROBLEMÀTICA EXISTENT 3
6.1 EVOLUCIÓ DEL TRAM DE COSTA 3
6.2 PROBLEMÀTICA EXISTENT 7
7. ALTERNATIVES ANALITZADES 8
8. DESCRIPCIÓ DE LES OBRES 9
8.1 ACTUACIONS PRINCIPALS 9
8.2 OBRES AUXILIARS: ADEQUACIÓ D´ACCESSOS 10
9. OCUPACIÓ DE DOMINI PÚBLIC MARÍTIM- TERRESTRE 11
10. ACCESSOS 11
11. EXPROPIACIONS, DISPONIBILITAT DELS TERRENYS, AFECCIONS I INDEMNITZACIONS 12
12. TERMINI D´EXECUCIÓ DE LES OBRES 13
13. PRESSUPOST DE L´OBRA 13
13.1 PRESSUPOST D'EXECUCIÓ MATERIAL (PEM) 13
13.2 PRESSUPOST BASE DE LICITACIÓ (PBL) 13
14. DOCUMENTS DEL PROJECTE 13

Índex de figures

Figura 1.- Imatge del canal de sortida desprès del temporal de novembre de 2014. Font: BR i AMB. 1
Figura 2.- Aixecament topogràfic de la zona de projecte. Font: Barcelona Regional 1
Figura 3.- Ubicació de fites geogràfiques de la zona: Marciglob i Google (2023). 2
Figura 4.- Casa de la família Moragas. Font: Marciglob. 2
Figura 5.- Búnquer de la Guerra Civil. Fuente: Marciglob 2
Figura 6.- Esquerra: El pantalà d'hidroavions l'any 1971, desmantellat els anys 90 del S XX. Dreta: Restes del pantalà, l'any 2024. Fonts: SACE (modificada per Marciglob) i Marciglob. 2
Figura 7.- El canal de sortida del Remolar, la maresma de les Filipines i en primer terme el camp d'aviació de la Volatería (de la empresa "Pujol Comabella i Companyia", posteriorment "Talleres Hereter", amb vol inaugural l'any 1916. L' aeròdrom va passar a mans de l'Armada l'any 1921 i es traslladà als terrenys de l'actual aeroport els anys 40 del segle XX. Font: Marciglob a partir de material gràfic de l'Arxiu històric del "Ejército del Aire". 3
Figura 8.- Morfologia primigènia de la zona de projecte abans de la majoria de les actuacions antròpiques: Desembocadura del Remolar l'any 1929. Font: Marciglob a partir de material gràfic de l'ICGC 3
Figura 9.- Estat de la desembocadura del Remolar l´any 1957. Font: Marciglob a partir de material gràfic de l'ICGC 3
Figura 10.- Canal de sortida del Remolar els anys 1967 (sense escullera a la desembocadura), 2011 (a dalt, ja amb escullera), 2023 (al mig) i vista del grup de pilots marcat com "4" en 2024 (a baix) que en el passat estaba dins del mar (a dalt). L´amplada de platja ha crescut considerablement. Font: Marciglob a partir de material gràfic de l'ICGC (a dalt) i Marciglob (al mig, i a baix). 4
Figura 11.- Vistes aèries zenitals dels espais de l'estany del Remolar (amb modificacions antròpiques), i detall de la desembocadura de l'estany del Remolar amb escullera (vermell) . Font: Diputació de Barcelona e ICGC. 4
Figura 12.- Vista aèria dels espais de l'estany del Remolar i de la maresma de les Filipines possiblement als anys 60 del S XX, amb el càmping "Toro Bravo" en funcionament. Es pot apreciar l' existència d' una dàrsena dragada i operatives i petites dàrsenes. Font: Postals del Càmping "Toro Bravo" 5

Figura 13.- Vistes aèries zenitals dels espais de l' estany del Remolar i de la maresma de les Filipines, a la qual s'aprecien grans modificacions antròpiques. Font: SACE e ICGC. 5

Figura 14.- Vistes aèries zenitals dels espais de l'estany del Remolar i de la maresma de les Filipines, a les quals es poden apreciar les modificacions dels canals (a dalt) i la protecció d'escullera de la sortida de l'estany del Remolar, de forma cònica o embut i que en el seu tram final és perpendicular a la línia de costa. Font: ICGC. 5

Figura 15.- Sortida de l'Estany del Remolar i de la platja situada al NE de la sortida, també anomenada "dels militars". Línies de costa entre els anys 2001 i 2024 on poden apreciar-se els importants avanços i retrocessos que s'han anat produint. Font: Elaborat per Marciglob a partir d'imatges de Google Earth. 6

Figura 16.- A dalt: forma teòrica de planta d´equilibri (línia de costa del 20 de març de 2024) amb la forma parabòlica de Hsu-Evans. Direcció de flux teòric incident de 151º N (S29E). A baix: vista de la platja interior des de terra, setembre de 2024. Font: Marciglob 7

Figura 17.- Límit del "run up" assolit durant el temporal de gener de 2017 (en groc) amb Hs =5,21 m, direcció 104º N a la boia de Barcelona II (associat a un període de retorn d´uns 17 anys), i acumulacions produïdes durant l´episodi de temporal. Font: Marciglob i ICGC.....7

Figura 18.- Límit del "run up" assolit durant el temporal del 21 d´octubre de 2007 (en groc), Hs = 2,93 m i Direcció 63N (boia de Barcelona II). Font: Marciglob i ICGC. 8

Figura 19.- En groc, límit del "run up" ala zona vegetada (a dalt) i a la berma sorrenca (a baix) assolit durant el temporal del 21/3/ 2015, Hs = 3, m i Direcció 103º N (boia de Barcelona II). Font: Marciglob i ICGC. 8

Figura 20.- Criteris emprats a l'anàlisi comparativa. Font: Marciglob 8

Figura 21.- Actuació a l'espigó existent (taronja), a executar amb escullera. Font: Marciglob.....9

Figura 22.- Planta d'excavacions. Sense escala. Font: Marciglob. 9

Figura 23.- Planta d'actuacions. Espigó i pantalla. Sense escala. (Font: elaboració pròpia). Font: Marciglob. 10

Figura 24.- Planta d'actuacions. Adequació de la mota de ponent. Espigó i pantalla. Sense escala. (Font: elaboració pròpia). Font: Marciglob. 10

Figura 25.- Seccions tipus. Pantalla de fusta. Sense escala. Font: Marciglob. 10

Figura 26.- Seccions tipus. Perllongament de l´espigó0. Sense escala. Font: Marciglob. 10

Figura 27.- Secció tipus del camí de sauló. Font: Marciglob.....11

Figura 28.- Porta d´Accés des de Viladecans). Font: Marciglob 11

Figura 29.- Recorregut de l'accés des de Viladecans. Font: Marciglob. 11

Figura 30.- Accés des de El Prat . Font: Marciglob. 12

Figura 31.- Recorregut de l'accés des de El Prat pel Passeig. Font: Marciglob. 12

Figura 32.- Porta d`accés des de El Prat a través de la base aèria. Font: Marciglob 12

Figura 33.- Recorregut d´accés a través de la base aèria). Font: Marciglob. 12

1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS

Barcelona Regional va adjudicar a l'empresa Marciglob Consultancy Solutions, S.L. (en endavant MARCIGLOB) la redacció del "Projecte bàsic per a la millora de les condicions de la sortida del Remolar (davant temporals marítims".

El Remolar és un estany que desguassa per un canal amb una cota de fons situada sempre per sota del nivell del mar (dragar la sortida no incrementa la capacitat de desguàs). El volum d'aigua que desguassa a l'estany del Remolar a mar depèn del volum acumulat d'aigua, del nivell del mar i de la secció del canal de sortida.

Històricament, quan els nivells de l'estany se situen entre les cotes +90 i +100 cm, i s'ha format barra de sorra al canal, es procedeix a obrir-la de forma artificial per a facilitar-ne el desguàs.

Diversos temporals, especialment des de l'any 2014, han provocat avaries a la part posterior de l'espigó del marge esquerre del canal de sortida i la penetració de sorres i graves al canal, con es pot apreciar a la següent imatge.

Figura 1.- Imatge del canal de sortida desprès del temporal de novembre de 2014. Font: BR i AMB.

Per tal d'evitar l'aterrament del canal durant els episodis de temporal es planteja perllongar l'espigó del marge esquerre cap a l'interior, creant una barrera que impedeixi la migració de sorra de la platja del Prat cap a l'interior del canal.

El perllongament d'aquest element es pot realitzar, entre d'altres solucions, amb escullera, amb una solució amb geotèxtil similar a la què es va aplicar en l'estabilització de la platja de Gavà, amb palplanxes metàl·liques o bé amb pantalles de fusta. Per tot això, el projecte inclou una anàlisis d'alternatives, que es presenta a l'Annex nº 4.

2. OBJECTIUS

L'objectiu del projecte es:

- Desenvolupar la descripció del context i anàlisi de la problemàtica existent i portar a terme un estudi d'alternatives.
- La definició de la solució escollida a nivell de projecte bàsic.

3. NIVELL DE REFERÈNCIA

Les coordenades (x, y) de l'aixecament topogràfic i batimètric emprat en aquest projecte estan referits a la projecció UTM, sistema de coordenades ETRS89 zona 31N i les cotes o nivells estan referides al Nivell Mitjà del Mar a Alacant (NMMA) o Zero d'Alacant (ZA), que coincideix amb el zero de referència de l'IGN *(Instituto Geográfico Nacional)* per a efectuar els aixecaments topogràfics en península.

4. SITUACIÓ ACTUAL

La situació actual de la zona de obres és l'obtinguda a partir de l'aixecament topogràfic encarregat per Barcelona Regional (veure Figura 1.-).

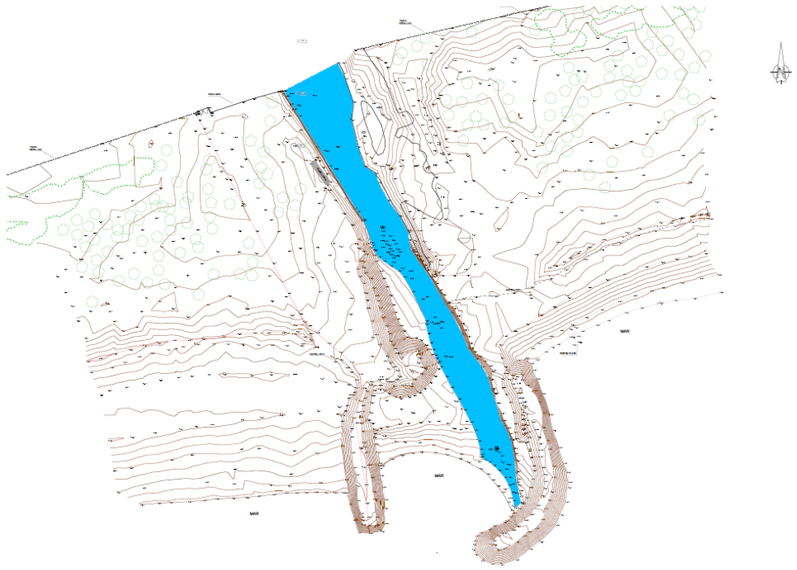


Figura 2.- Aixecament topogràfic de la zona de projecte. Font: Barcelona Regional

5. ANTEDECENTS HISTÒRICS RELLEVANTS I FITES GEOGRÀFIQUES DE LA ZONA DE PROJECTE I RODALIES

A les rodalies de la zona de projecte es troben els següents elements (que es compilen a la Figura 3.-):

- La casa de la família Moragas construïda els anys 20 del segle XX (veure Figura 4.-).
- Un búnquer de la Guerra Civil (veure Figura 5.-).
- Un embarcador i l'antic pantalà d'hidro-avions, que també va ser utilitzat per al transport de graves per a les obres de l'aeroport (veure Figura 6.-).
- Les instal·lacions de la que actualment és una base militar, encetades l'any 1916 per al camp d'aviació de La Volateria (veure Figura 7.-).

Figura 3.- Ubicació de fites geogràfiques de la zona: Marciglob i Google (2023).

Figura 4.- Casa de la família Moragas. Font: Marciglob.

Figura 5.- Búnquer de la Guerra Civil. Fuente: Marciglob

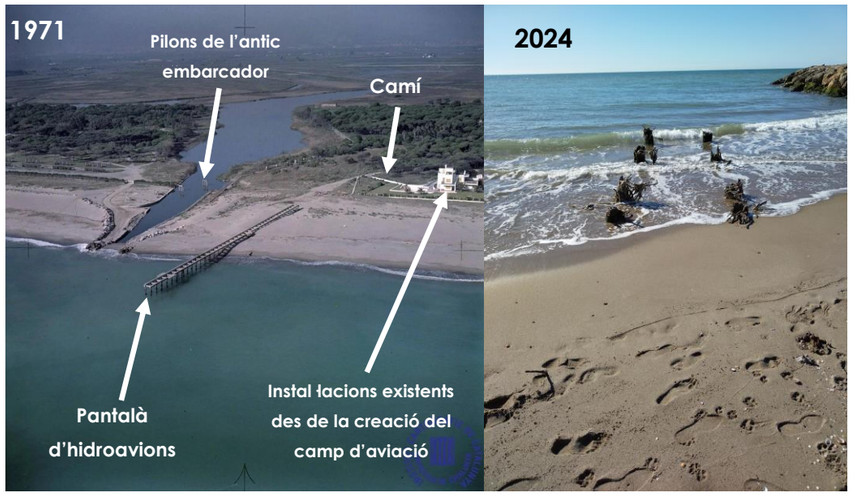


Figura 6.- Esquerra: El pantalà d'hidroavions l'any 1971, desmantellat els anys 90 del S XX. Dreta: Restes del pantalà, l'any 2024. Fonts: SACE (modificada per Marciglob) i Marciglob.

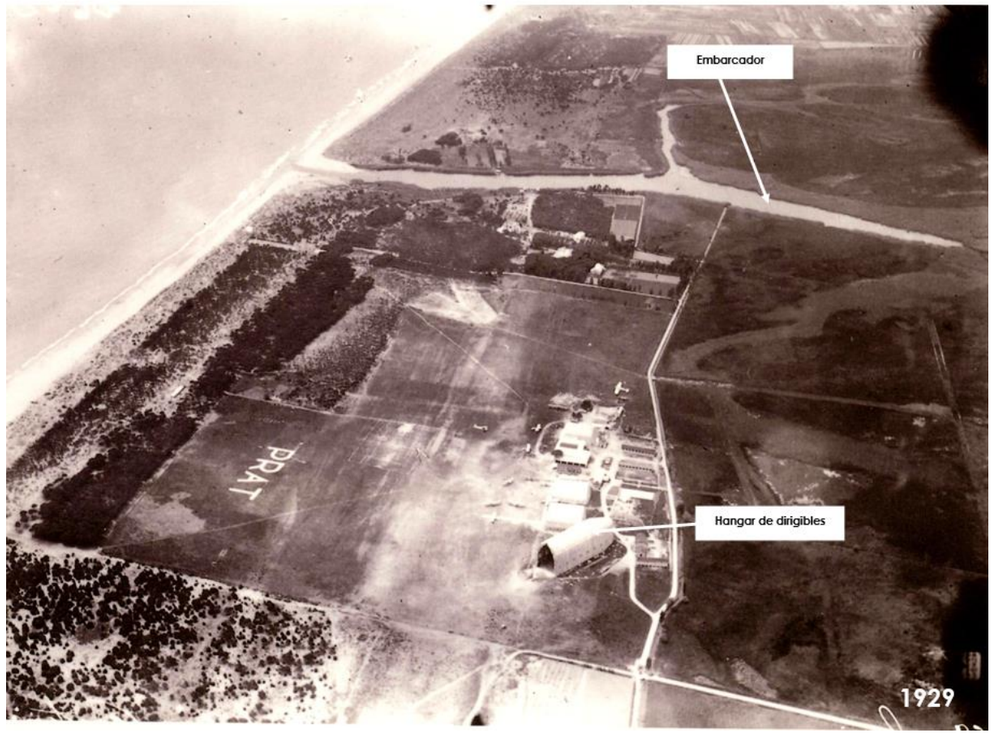


Figura 7.- El canal de sortida del Remolar, la maresma de les Filipines i en primer terme el camp d'aviació de la Volatería (de la empresa "Pujol Comabella i Companyia", posteriorment "Talleres Hereter", amb vol inaugural l'any 1916. L' aeròdrom va passar a mans de l'Armada l'any 1921 i es traslladà als terrenys de l'actual aeroport els anys 40 del segle XX. Font: Marciglob a partir de material gràfic de l'Arxiu històric del "Ejército del Aire".

6. EVOLUCIÓ DEL TRAM DE COSTA I PROBLEMÀTICA EXISTENT

6.1 EVOLUCIÓ DEL TRAM DE COSTA

La desembocadura del Remolar ha experimentat una sèrie d'actuacions antròpiques que han tingut com a conseqüència la modificació de la seva morfologia natural i primigènia original (veure Figura 8.- i Figura 9.-) amb el resultat d´un augment d'uns 120 m en la longitud del canal del sortida de l'Estany del Remolar (veure Figura 10.-).

Figura 8.- Morfologia primigènia de la zona de projecte abans de la majoria de les actuacions antròpiques: Desembocadura del Remolar l'any 1929. Font: Marciglob a partir de material gràfic de l'ICGC

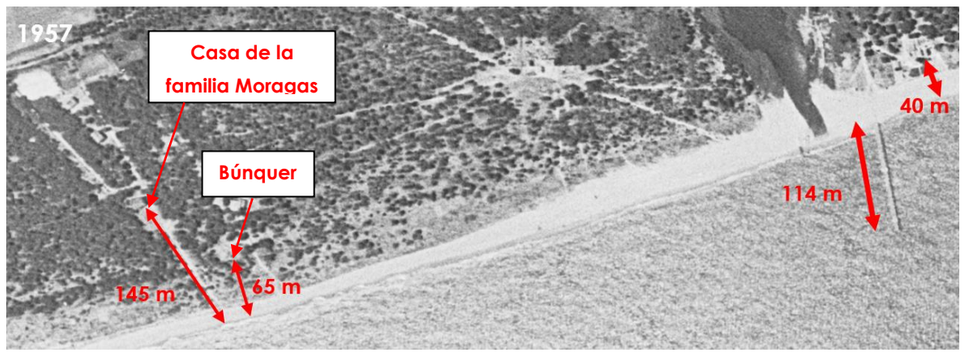


Figura 9.- Estat de la desembocadura del Remolar l´any 1957. Font: Marciglob a partir de material gràfic de l'ICGC

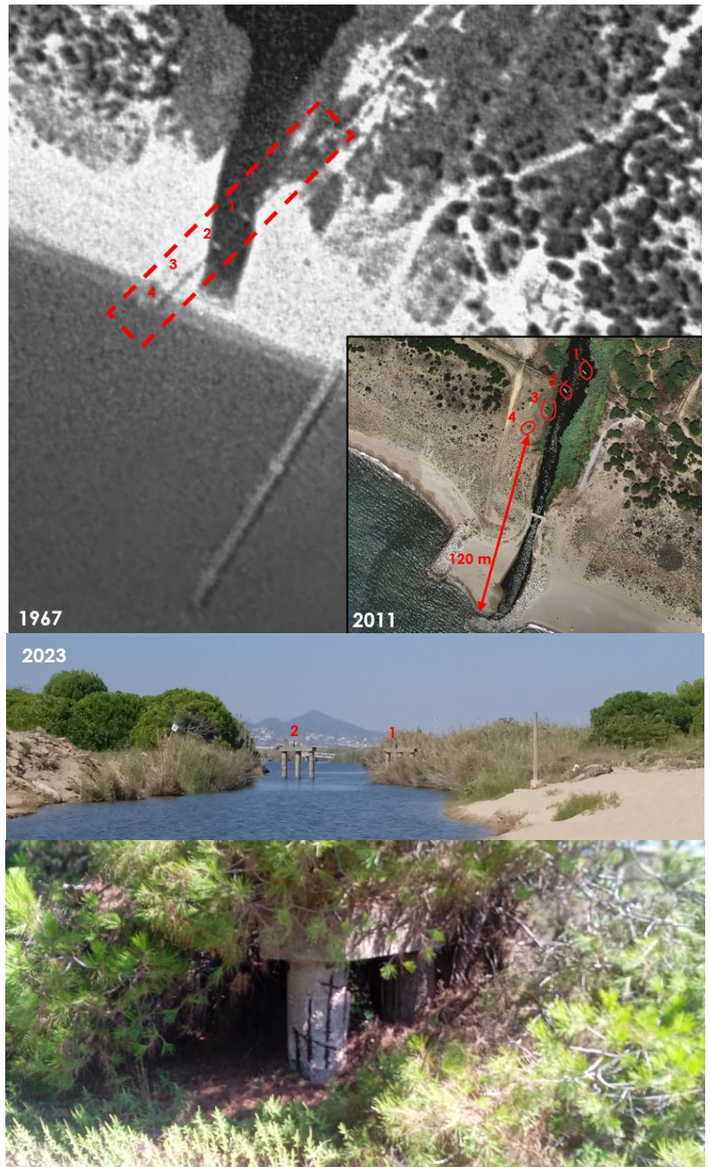


Figura 10.- Canal de sortida del Remolar els anys 1967 (sense escullera a la desembocadura), 2011 (a dalt, ja amb escullera), 2023 (al mig) i vista del grup de pilots marcat com "4" en 2024 (a baix) que en el passat estava dins del mar (a dalt). L´amplada de platja ha crescut considerablement. Font: Marciglob a partir de material gràfic de l'ICGC (a dalt) i Marciglob (al mig, i a baix).

Aquestes actuacions han inclòs el dragatge dels canals i la canalització de la sortida del Remolar amb espigons (en forma d'embús als anys 60 i posteriorment amb la configuració actual (veure Figura 11.- , Figura 13.- i Figura 17.-) han provocat:

- La creació de les condicions per a la formació d'una platja bastant estable entre els espigons.
- La modificació de la dinàmica transversal (tant l'estacional estiu/hivern com durant episodis de temporal) en aquest tram de platja, alterant l'equilibri natural propi d'una desembocadura i produint canvis significatius en la línia de costa (veure Figura 15.-).

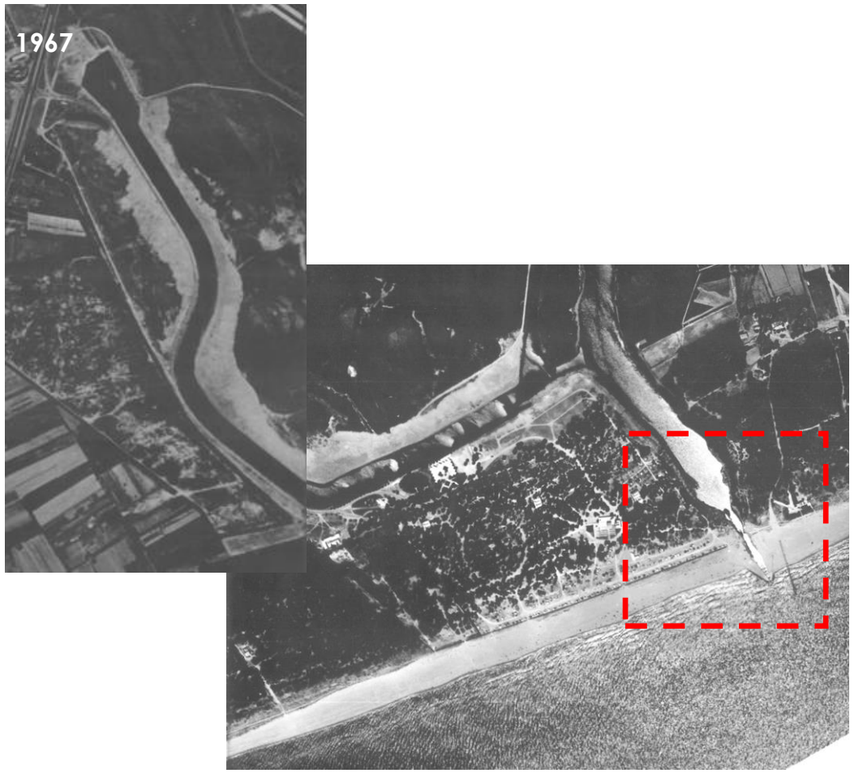


Figura 11.- Vistes aèries zenitals dels espais de l'estany del Remolar (amb modificacions antròpiques), i detall de la desembocadura de l'estany del Remolar amb escullera (vermell) . Font: Diputació de Barcelona e ICGC.

Figura 12.- Vista aèria dels espais de l'estany del Remolar i de la maresma de les Filipines possiblement als anys 60 del S XX, amb el càmping "Toro Bravo" en funcionament. Es pot apreciar l' existència d' una dàrsena dragada i operatives i petites dàrsenes. Font: Postals del Càmping "Toro Bravo"

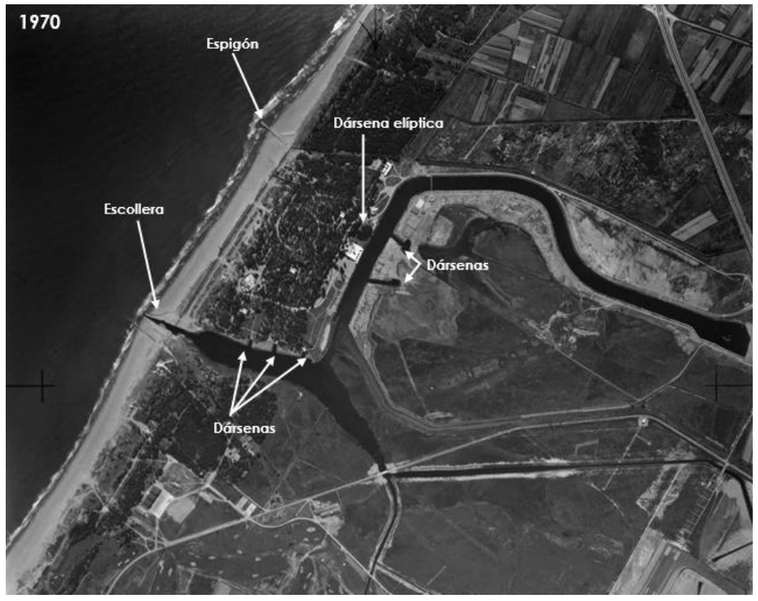


Figura 13.- Vistes aèries zenitals dels espais de l' estany del Remolar i de la maresma de les Filipines, a la qual s'aprecien grans modificacions antròpiques. Font: SACE e ICGC.

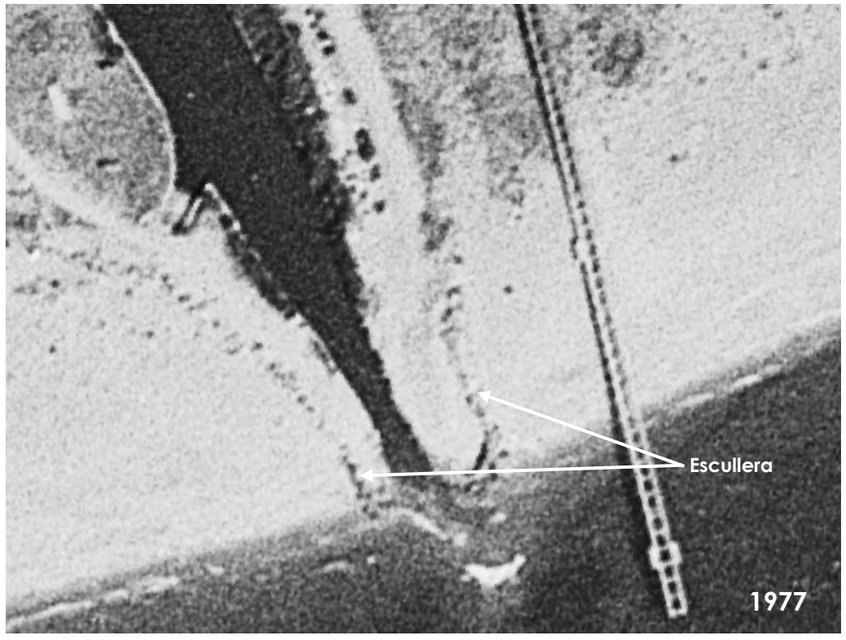


Figura 14.- Vistes aèries zenitals dels espais de l'estany del Remolar i de la maresma de les Filipines, a les quals es poden apreciar les modificacions dels canals (a dalt) i la protecció d'escullera de la sortida de l'estany del Remolar, de forma cònica o embut i que en el seu tram final és perpendicular a la línia de costa. Font: ICGC.

Figura 15.- Sortida de l'Estany del Remolar i de la platja situada al NE de la sortida, també anomenada "dels militars". Línies de costa entre els anys 2001 i 2024 on poden apreciar-se els importants avanços i retrocessos que s'han anat produint. Font: Elaborat per Marciglob a partir d'imatges de Google Earth.

6.2 PROBLEMÀTICA EXISTENT

En la seva configuració actual, el canal de sortida està protegit per dos espigons que formen una platja interior. La forma teòrica parabòlica en planta d´equilibri coincideix amb la forma real de la línia de costa el mes de març de 2024 (veure següent figura).

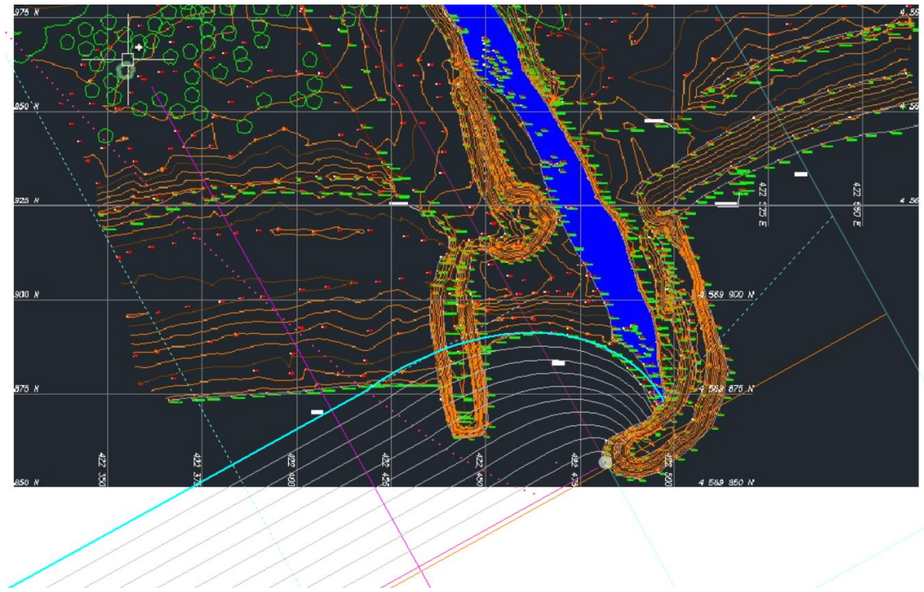


Figura 16.- A dalt: forma teòrica de planta d´equilibri (línia de costa del 20 de març de 2024) amb la forma parabòlica de Hsu-Evans. Direcció de flux teòric incident de 151° N (S29E). A baix: vista de la platja interior des de terra, setembre de 2024. Font: Marciglob

Diversos temporals han provocat averies a la part posterior de l'espigó del marge esquerre del canal de sortida i la penetració d'aigua que després de remuntar la platja ("run up") arrossega sorres i graves a l'interior del canal de sortida.

La Figura 17.- , Figura 27.- i Figura 19.- mostren els patrons de la penetració de sorres transportades pel flux d'aigua que remunta la platja. El recorregut es pot distingir pel color del terreny a les fotografies aèries i per les acumulacions durant diferents episodis de temporals:

- El límit del recorregut del "run up" és l'indicat en color groc a la Figura 17.- obtinguda després del temporal de gener de 2017.
- Es por apreciar com al tram intermedi (en vermell a la Figura 17.-) es produeixen menys acumulacions. Es tracta d'un tram del canal amb unes cotes a la seva marge esquerra entorn a la +2,30 m.

De l'observació de la Figura 18.- sembla desprendre's que l'antic pantalà situat a llevant de la sortida del Remolar fixava parcialment la berma de la platja i limitava la penetració del "run up".

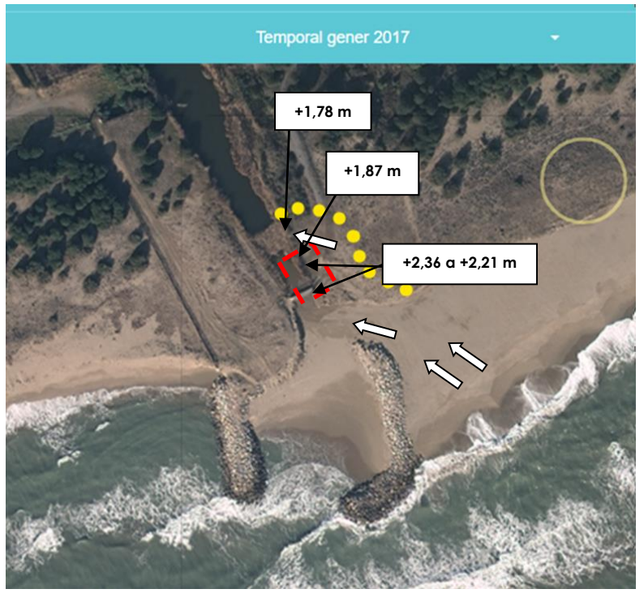


Figura 17.- Límit del "run up" assolit durant el temporal de gener de 2017 (en groc) amb H_s =5,21 m, direcció 104° N a la boia de Barcelona II (associat a un període de retorn d´uns 17 anys), i acumulacions produïdes durant l´episodi de temporal. Font: Marciglob i ICGC.

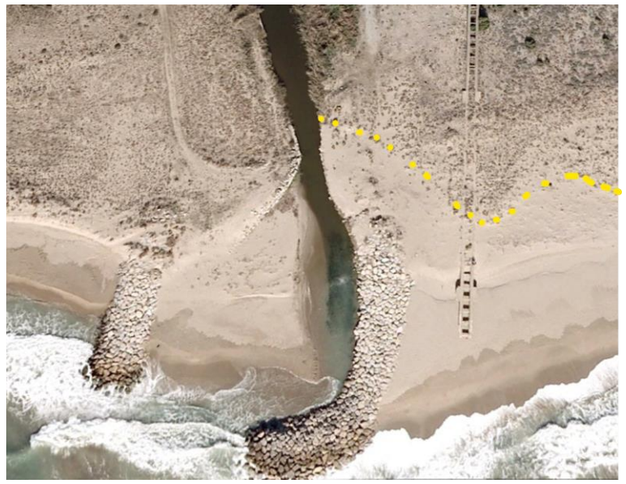


Figura 18.- Límit del "run up" assolit durant el temporal del 21 d´octubre de 2007 (en groc), H_s = 2,93 m i Direcció 63N (boia de Barcelona II). Font: Marciglob i ICGC.

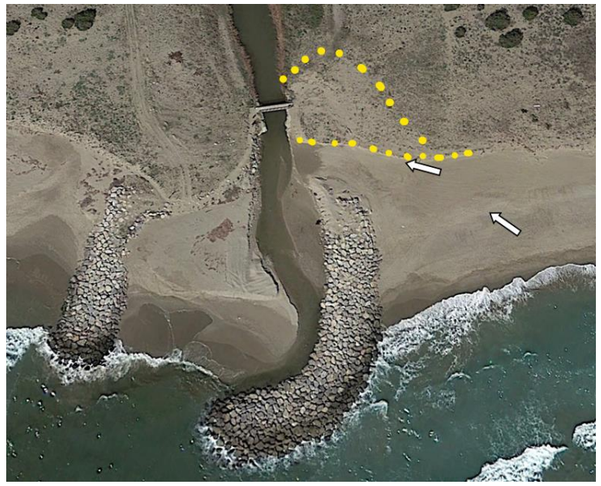


Figura 19.- En groc, límit del "run up" ala zona vegetada (a dalt) i a la berma sorrenca (a baix) assolit durant el temporal del 21/3/ 2015, H_s = 3, m i Direcció 103º N (boia de Barcelona II). Font: Marciglob i ICGC.

Es pot concloure que el aterraments que es produeixen des de la platja a llevant de la sortida, anomenada "del Remolar" o "dels Militars" són causats per la combinació de les conseqüències de les actuacions antròpiques a la zona i a la penetració de sorres transportades pel flux d'aigua que remunta la platja ("run up") a causa de l'onatge en episodis de temporals, principalment de component E , tot i que no limitats a aquesta direcció Per tant, les opcions que es consideraran consistiran en barreres al "run up" de la platja del Remolar per a evitar l'aterrament del canal d'entrada, tot considerant els valors de cota d'inundació calculats i les cotes del terreny a la zona d'actuació.

7. ALTERNATIVES ANALITZADES

Per tal de solucionar aquesta problemàtica s'ha efectuar una anàlisi d'alternatives del traçat en planta i de la tipologia d'obres, que s'inclou a l'Annex nº 4.

La tipologia d'obres analitzades ha estat la següent:

- Escullera.
- Geo-tubs.
- Pantalla de palplanxes.
- Pantalla de fustes (s'han tingut en compte 3 tipus de fusta: a) pi, b) iroko i c) bolondo.)

S'ha efectuat una comparativa tècnica entre les diferents tipologies de seccions tipus esmentades tenint en compte un total de 10 criteris, la valoració qualitativa dels quals es mostra a la següent taula.

	ALTA	MITJA	BAIXA
Disponibilitat de materials	3	1,5	0

	BAIX	MIG	ALT
Impacte durant la construcción: maquinaria necesaria	3	1,5	0
Impacte durant la construcció: Accessos a l'obra			
Empremta durant la construcció (excavacions)			
Termini			
Empremta de l´estructura finalitzada (fase de d´operació)			
Impacte visual i integració			
Introducció d'elements antròpics			

	BAIX	MIG/BAIX	MIG	ALT	MOLT/ALT
Cost	3	2,25	1,5	0,75	0

	ALTA (~50 a)	MITJA (> 25 a)	MITJA/BAIXA (> 15 a)	BAIXA (<15 a)
Durabilitat	3	2	1	0

Figura 20.- Criteris emprats a l'anàlisi comparativa. Font: Marciglob

S'ha fet la comparativa per a 2 escenaris de vida útil. V = 15 a 20 anys (en consonància a les recomanacions ROM) i V = 30 a 40 anys.

Les puntuacions finalment obtingudes han estat les següents:

- <u>Escenari 1: Vida útil de 15 a 20 anys</u>
  - **Pilons i pantalles de fusta (pi): 20,5 punts.**
  - Pilons i pantalles de fusta (Iroko): 19,25 punts.
  - Pantalla de palplanxes metàl·liques: 18,75 punts.
  - Escullera: 17,25 punts.
  - Pilons i pantalles de fusta (bolondo): 17 punts.
  - Geo-tubs: 12,5 punts.

- Escenari 2: Vida útil de 30 a 40 anys
  - **Pilons i pantalles de fusta (Iroko): 19,25 punts.**
  - Pantalla de palplanxes metàl·liques: 18,75 punts.
  - Pilons i pantalles de fusta (pi): 18,25 punts.
  - Escullera: 18 punts.
  - Pilons i pantalles de fusta (bolondo): 17 punts.
  - Geo-tubs: 12,5 punts.

De manera conjunta amb el client, es decideix optar per la **solució de pantalla de fusta d'iroko,** que és la desenvolupada a nivell de Projecte Bàsic.

De totes maneres, cal tenir en compte que pel que fa a l'espigó existent, durant determinats episodis de temporal la línia de costa retrocedeix més enllà el punt d'inici de l'espigó, el que suposa un risc per aquesta estructura, és a dir, el punt d'inici de l'espigó es troba dins del rang del canvi/moviment transversal estacional del perfil platja. No és recomanable implementar una pantalla de fusta dins de l'esmentat rang de canvi/moviment transversal del perfil de platja pels següents motius principals:

- Risc d'impacte directe de l'onatge en moments de retrocés de la platja durant determinats episodis de temporal.
- Necessitat d'una cimentació dels pilons molt més profunda.

Per tant, és recomanable que l'inici de l'espigó s'ubiqui fora del rang del canvi estacional del perfil transversal, per exemple el punt indicat amb un cercle taronja a la Figura 21.- . Conseqüentment, l'espigó es perllongarà cap a terra uns 10-15 metres (tram acotat en negre i representat en taronja a la mateixa figura), i des de el seu nou perllongament s'implantarà la pantalla de fusta.

8. DESCRIPCIÓ DE LES OBRES

8.1 ACTUACIONS PRINCIPALS

Les obres projectades es mostren a la Figura 22.- a Figura 26.- i als plànols del Document nº 2 i inclouen:

- Excavació a la platja per al perllongament de l´espigó.
- Perllongament de l´espigó amb cantells d'escullera de 1,5 tones de massa coronada a la +2,60 m, amb uns talussos 3H:2V i posterior recol·locació de la sorra excavada
- Construcció d'una pantalla de fusta d'Iroko de 40 metres de longitut, amb pilons clavats de 120 x 120 mm^2 de secció disposats cada 2 metres en planta i amb una longitud total de 2,5 metres (1 m per sobre del terreny i 1,5 m soterrats) i plafons de fusta d´Iroko de 86 x 22 mm^2 de secció i de 2 metres de llargada amb 0,5 metres soterrats sota el nivell de sorra.
- Adequació de la mota ubicada a ponent del canal (cribratge de la sorra pera retirar les restes de materials de construcció i reconstrucció de la mota amb la sorra restant).

Figura 21.- Actuació a l'espigó existent (taronja), a executar amb escullera. Font: Marciglob

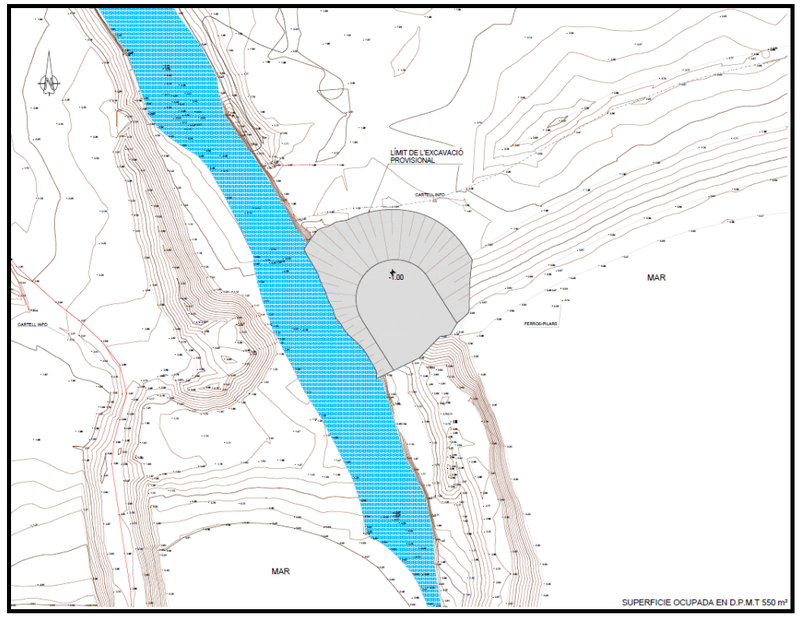


Figura 22.- Planta d'excavacions. Sense escala. Font: Marciglob.

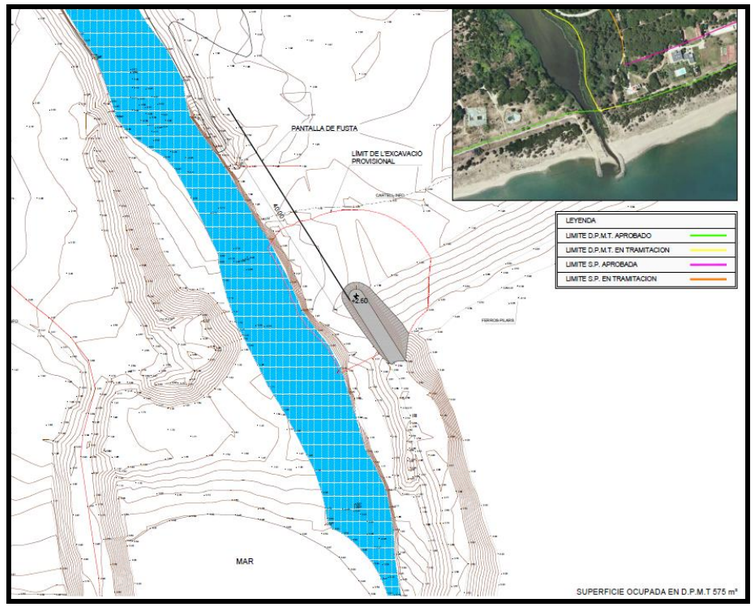


Figura 23.- Planta d'actuacions. Espigó i pantalla. Sense escala. (Font: elaboració pròpia). Font: Marciglob.

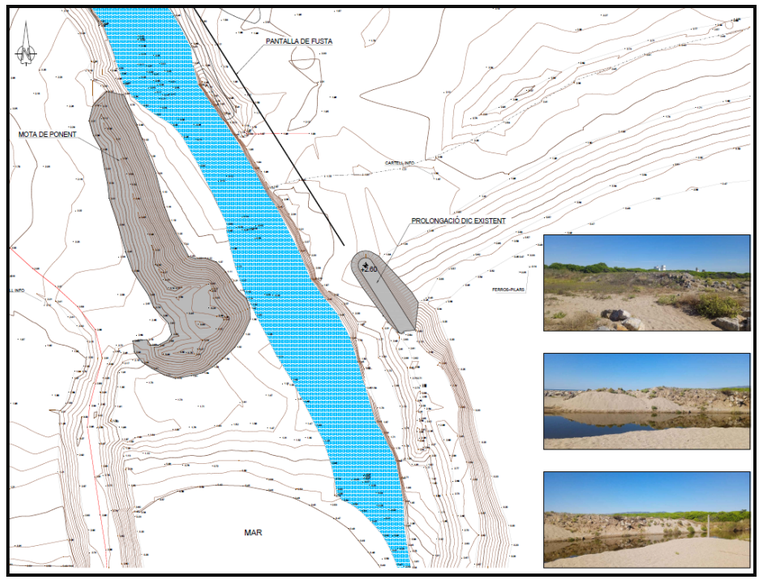


Figura 24.- Planta d'actuacions. Adequació de la mota de ponent. Espigó i pantalla. Sense escala. (Font: elaboració pròpia). Font: Marciglob.

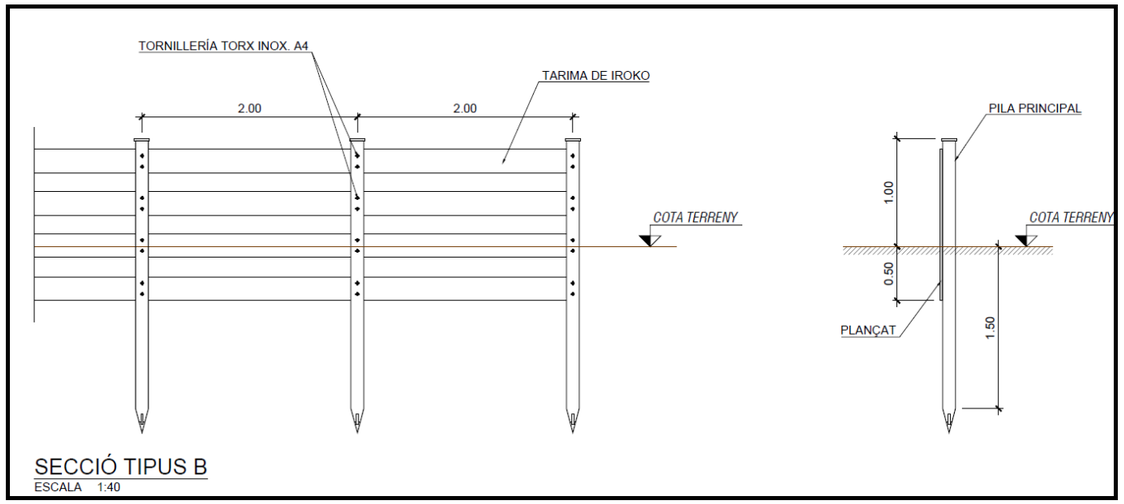


Figura 25.- Seccions tipus. Pantalla de fusta. Sense escala. Font: Marciglob.

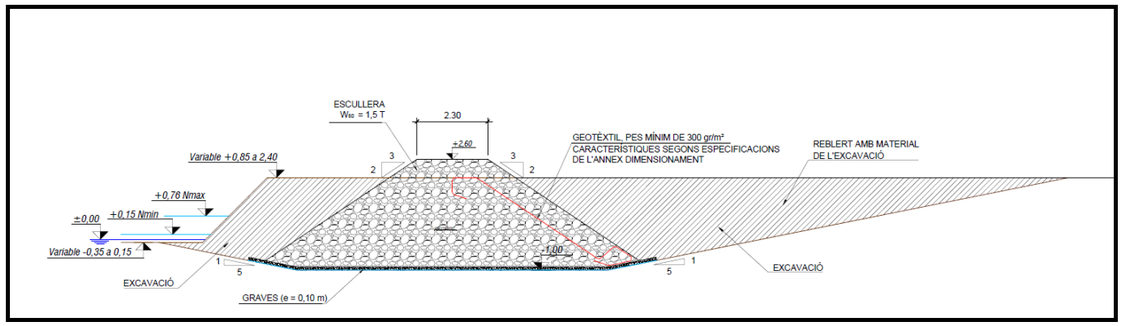


Figura 26.- Seccions tipus. Perllongament de l´espigó0. Sense escala. Font: Marciglob.

8.2 OBRES AUXILIARS: ADEQUACIÓ D´ACCESSOS

Per a permetre l'accés de la maquinària terrestre a la platja des de Viladecans o des del Prat s'haurà de construir, on calgui, un camí per al seu trànsit a base de sorra tipus sauló. L'amplada del camí serà de 3,5 m i transcorrerà per la part del darrere de la platja. Per a evitar la contaminació de la platja, el camí anirà limitat per 2 petites bermes laterals realitzades amb la sorra nativa, entre les quals s'abocarà el sauló, que en qualsevol cas quedarà separat de la sorra de la platja per una capa de geotèxtil (veure Figura 27.-). Un cop finalitzades les obres el sauló serà excavat i transportat a punt d'abocament.

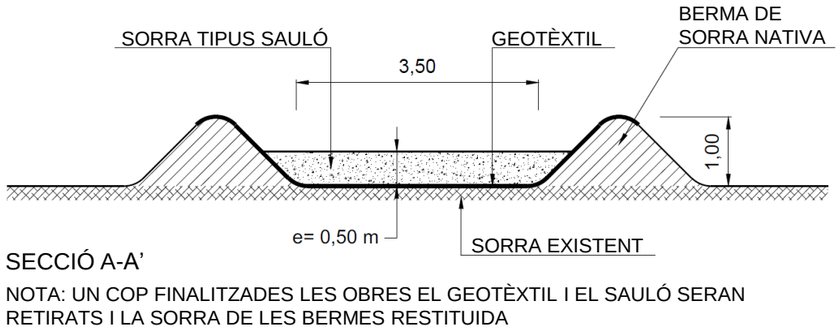


Figura 27.- Secció tipus del camí de sauló. Font: Marciglob

Si s'utilitza l'accés des de Viladecans, per al creuament del canal serà necessària una plataforma temporal de tot ú que es retirarà un cop finalitzades les obres.

9. OCUPACIÓ DE DOMINI PÚBLIC MARÍTIM- TERRESTRE

La superfície total de Domini Públic Marítim-Terrestre (DPMT) i zones de servitud de protecció ocupades por les obres és de 210 m^2, repartides de la següent manera:

- Superfície a DPMT: 210 m^2,
- Superfície a zones de servitud de protecció: 0 m^2.

10. ACCESSOS

N'hi ha dos possibles accessos a la zona d'obra:

- Accés per Viladecans.
- Accés per El Prat.

L'accés des de Viladecans requereix creuar l'Estany del Remolar, i per tant la construcció d'un accés provisional sobre aquest amb tot-ú.

Ambdós accessos requereixen la construcció d'un camí de sauló sobre els trams de platja que s'utilitzin provisionalment.

Figura 28.- Porta d´Accés des de Viladecans). Font: Marciglob

Figura 29.- Recorregut de l'accés des de Viladecans. Font: Marciglob.

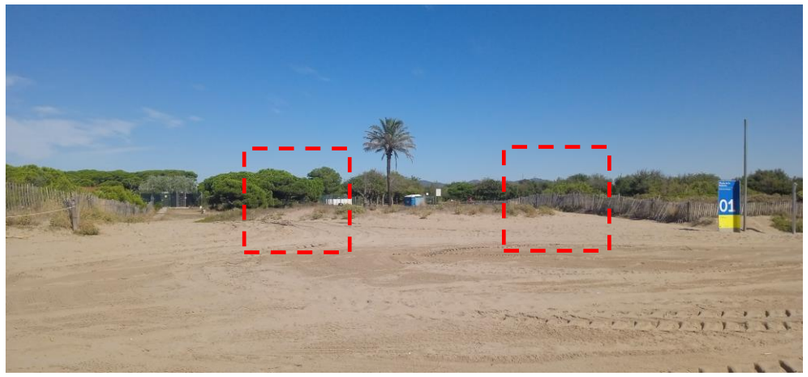


Figura 30.- Accés des de El Prat . Font: Marciglob.

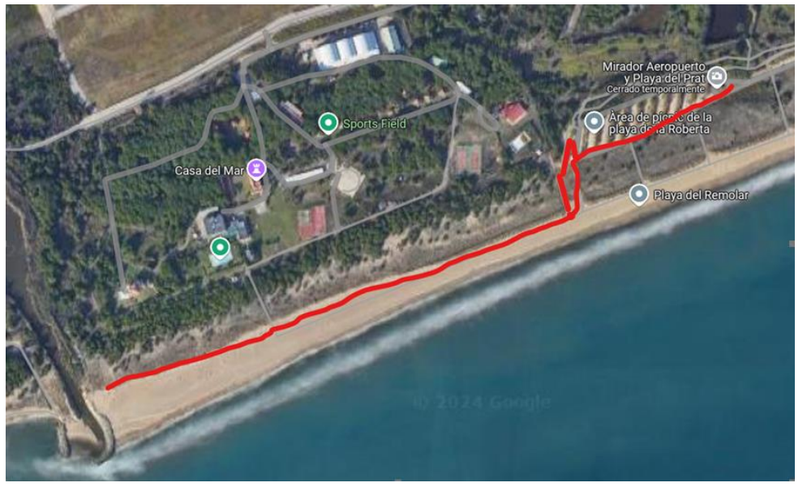


Figura 31.- Recorreguts de l'accés des de El Prat pel Passeig. Font: Marciglob.

Figura 32.- Porta d`accés des de El Prat a través de la base aèria. Font: Marciglob

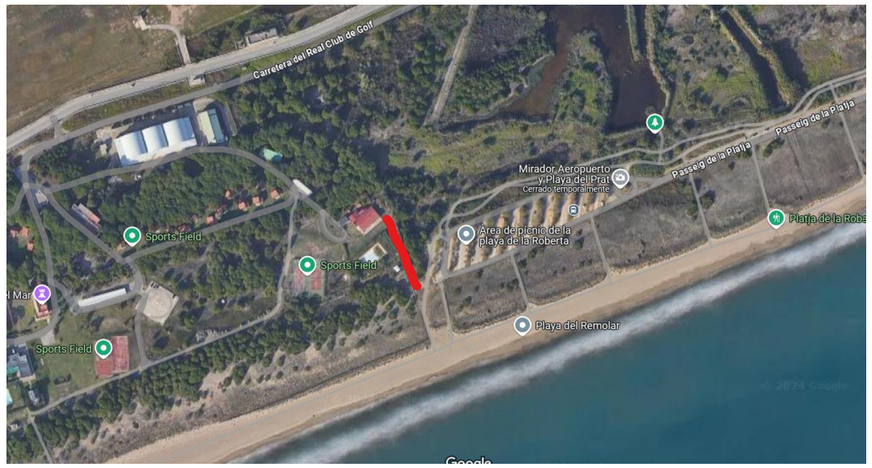


Figura 33.- Recorregut d´accés a través de la base aèria). Font: Marciglob.

11. EXPROPIACIONS, DISPONIBILITAT DELS TERRENYS, AFECCIONS I INDEMNITZACIONS

Totes les obres descrites en el projecte es desenvolupen al Domini Públic Marítim Terrestre i no és necessària la realització d'expropiacions.

S'ha constatat que hi ha una disponibilitat efectiva dels terrenys per a l'execució de les obres projectades. Pel que fa a l'accessibilitat de la maquinària a la zona d'obres existeixen vàries opcions, tal com s'ha explicat a l'apartat anterior.

Tampoc no s'afecten les zones de servitud de trànsit ni de servitud de protecció, excepte temporalment durant l'execució de les obres i degudes al trànsit de la maquinària d'obra.

Així mateix, per qüestions de seguretat durant la realització de les obres estarà prohibida la presència de banyistes o altres usuaris a la platja i només es permetrà l'accés al personal relacionat amb les obres.

No es preveu cap afecció de serveis existents.

Pressupostàriament, s'ha contemplat la demolició i la reposició de la part dels paviments que eventualment siguin afectats pel pas de la maquinària d'obra.

Per tant, en el projecte no s'inclouen indemnitzacions per afectacions directes o indirectes a tercers.

12. TERMINI D´EXECUCIÓ DE LES OBRES

El termini d'execució de les obres serà de **SET (7) SETMANES,** d'acord amb el programa d'obra que s'inclou a l'Annex nº 6.

13. PRESSUPOST DE L´OBRA

Al Document nº 3 d'aquest Project es presenta el pressupost de les obres previstes.

13.1 PRESSUPOST D'EXECUCIÓ MATERIAL (PEM)

El present Pressupost d' Execució Material puja a la quantitat de CENT TRENTA UN MIL SET-CENTS DIVUIT EUROS AMB CINQUANTA UN CÈNTIMS (131.718,51 €).

13.2 PRESSUPOST BASE DE LICITACIÓ (PBL)

Si s'incrementa el Pressupost d'Execució Material en un 13 % en concepte de Despeses Generals i un 6 % en concepte de Benefici Industrial s'obté un sub-total de CENT CINQUANTA SIS MIL SET-CENTS QUARANTA CINC EUROS AMB TRES CÈNTIMS (156.745,03 €).

El **Pressupost Base de Licitació** s'ha obtingut incrementant el sub-total anterior un 21 % en concepte d'Impost sobre el Valor Afegit (I.V.A.) resultant finalment un total de **CENT VUITANTA-NOU MIL SIS-CENTS SEIXANTA UN EUROS AMB QUARANTA NOU CÈNTIMS (189.661,49 €).**

14. DOCUMENTS DEL PROJECTE

PROJECTE BÀSIC

DOCUMENT Nº 1: MEMÒRIA I ANNEXOS

MEMÒRIA

ANNEXOS

Annex nº 1. Reportatge fotogràfic.

Annex nº 2. Estudi del Clima Marítim

Annex nº 3. Estudi de Dinàmica Litoral.

Annex nº 4. Estudi d´alternatives

Annex nº 5. Dimensionament.

Annex nº 6. Programa de treballs.

DOCUMENT Nº 2: PLÀNOLS

1. Situació i emplaçament.
2. Situació actual.
3. Planta d´ excavacions.
4. Planta de les obres i de relació amb el DPMT.
5. Situació de seccions tipus.
6. Seccions tipus.
7. Perfils d´amidament. Prolongació espigó existent
8. Adequació de la mota de ponent.

DOCUMENT Nº 3: PRESSUPOST

Amidaments

Quadre de preus nº 1

Pressupostos parcials

Pressupost total

Barcelona, desembre de 2024

El Autors del Projecte

F. Javier Escartín García
Enginyer de Camins, Canals i Ports
Col·legiat nº 11.275

José A. Iglesias Mejuto
Enginyer Tècnic d'Obres Públiques
Col·legiat nº 11.203

ÍNDEX D'ANNEXOS

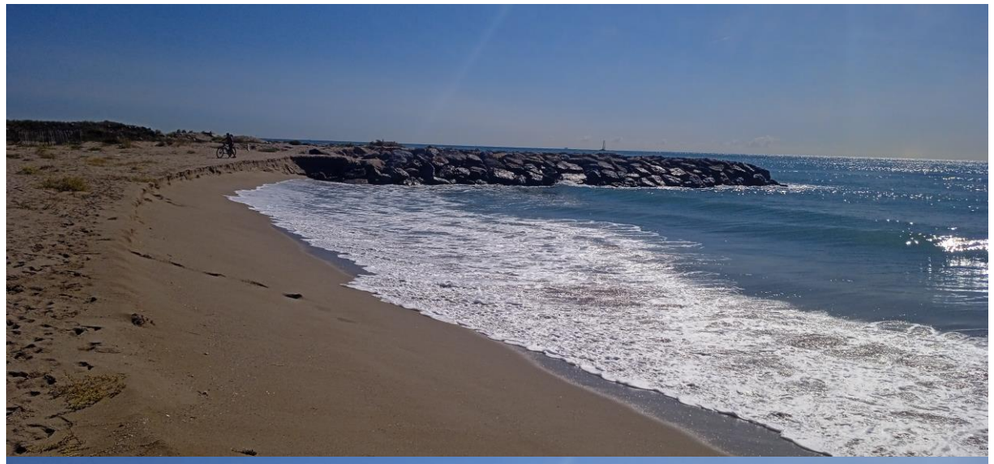
Annex nº 1. Reportatge fotogràfic
Annex nº 2. Estudi del Clima Marítim
Annex nº 3. Estudi de dinàmica litoral
Annex nº 4. Estudi d´alternatives
Annex nº 5. Dimensionament de les obres
Annex nº 6. Programa de treballs

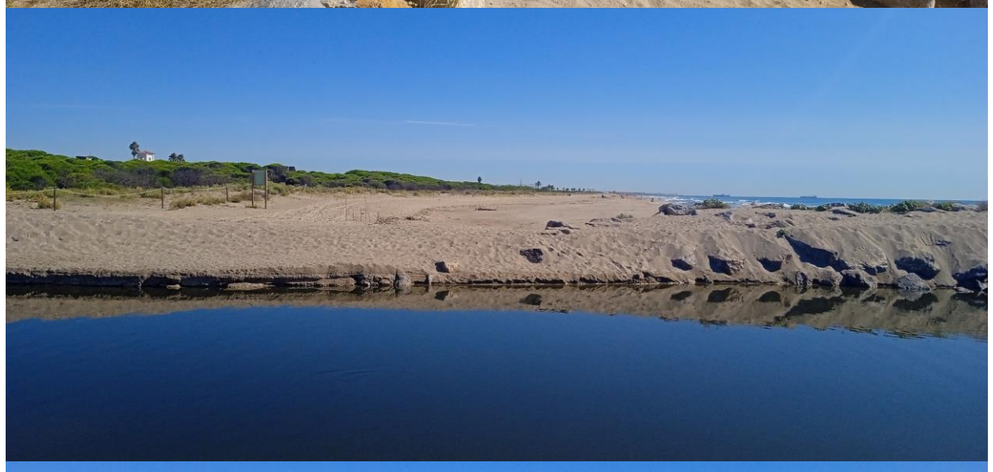
ANNEX Nº 1. REPORTATGE FOTOGRÀFIC

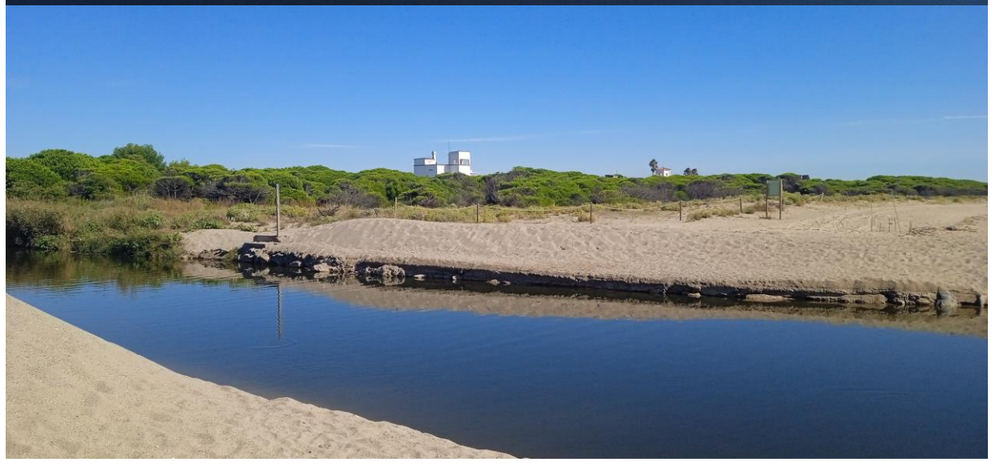
B	10-12-24	Emissió per a Comentaris del Client	JIM	JEG	JEG
A	09-12-24	Emissió per a Comentaris Interns	JIM	JEG	JEG
Edició	**Data**	**Descripció**	**Realitzat**	**Revisat**	**Aprovat**

SETEMBRE DE 2024

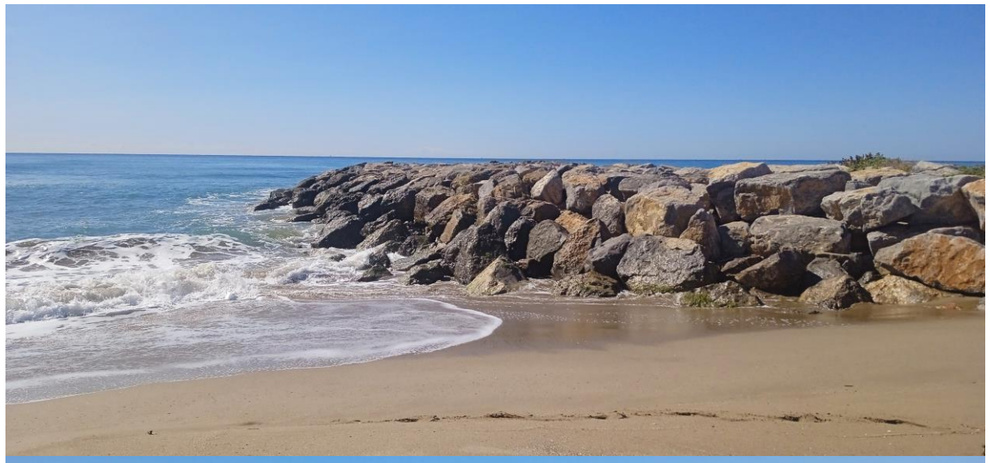
ZONA DE PROJECTE.

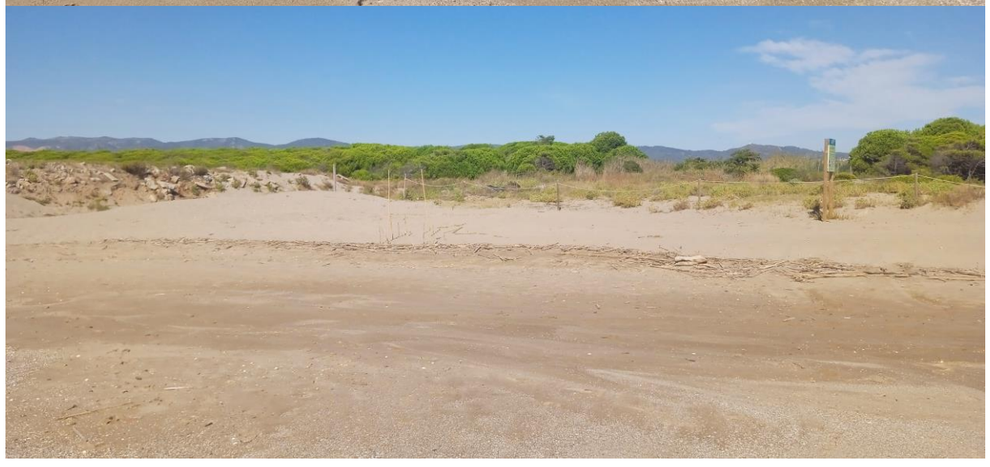


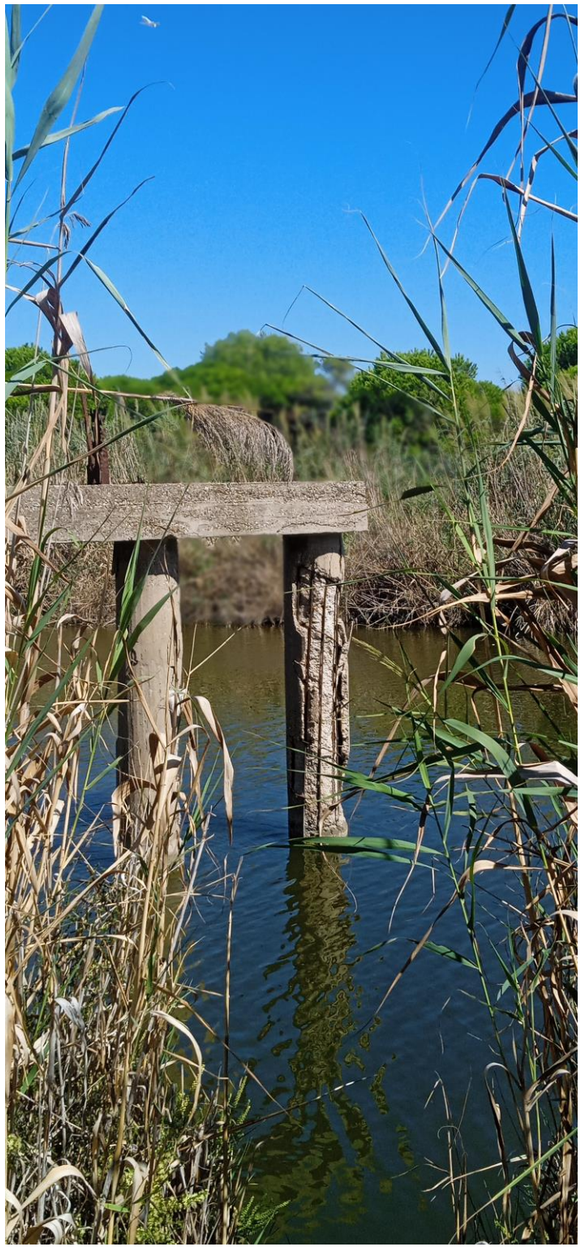


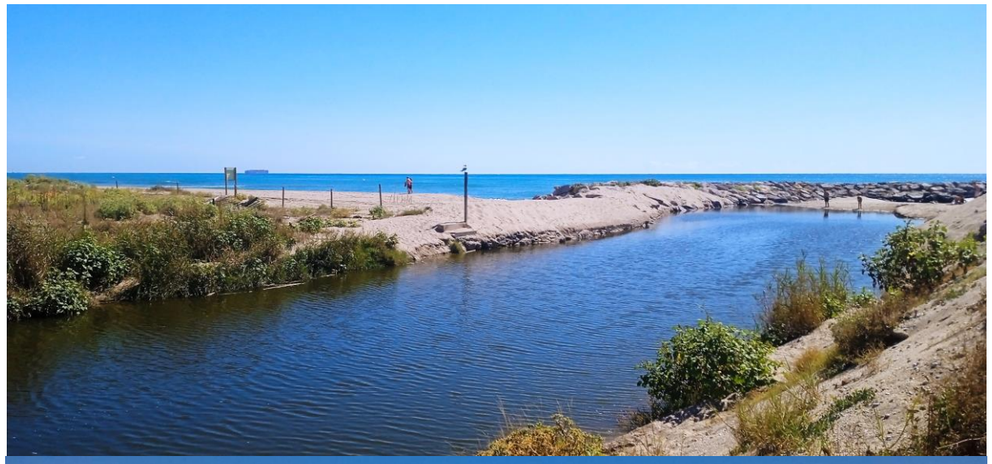


Espais Naturals del Delta del Llobregat
ACCÉS TANCAT
De l'1 de març al 31 de juliol

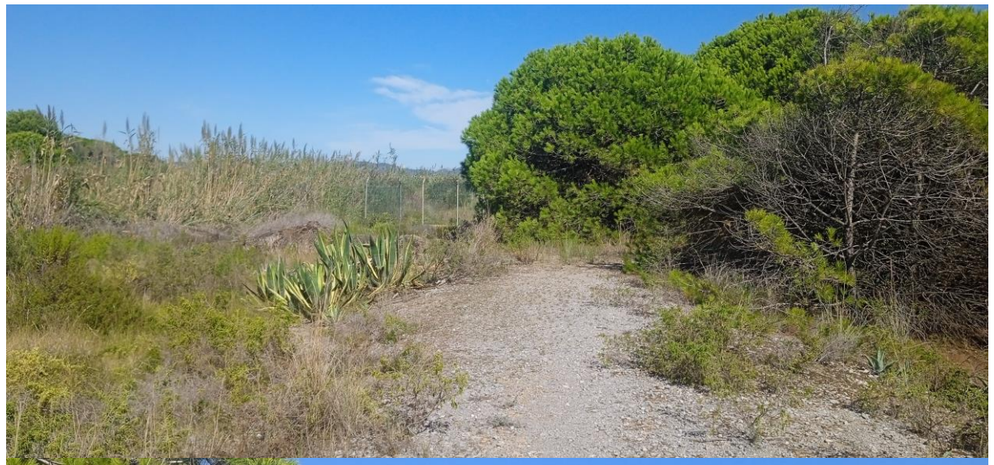






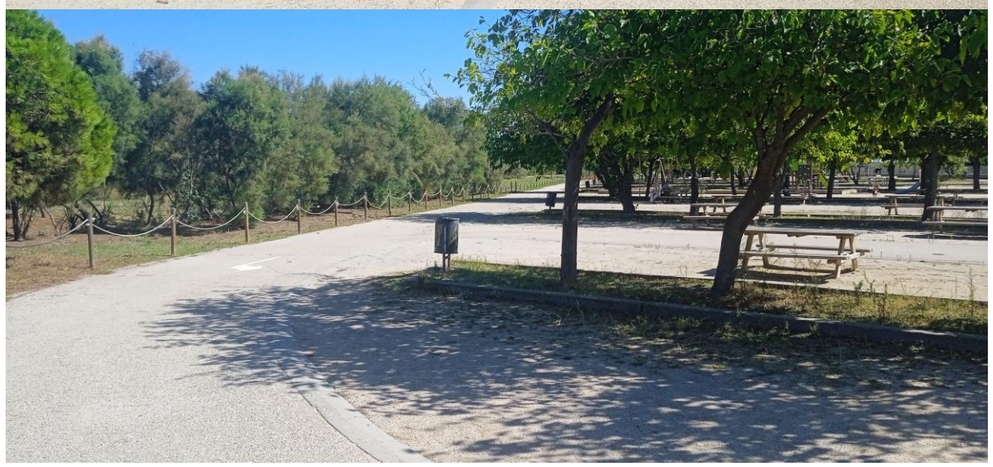


TANCAMENT DE LA BASE

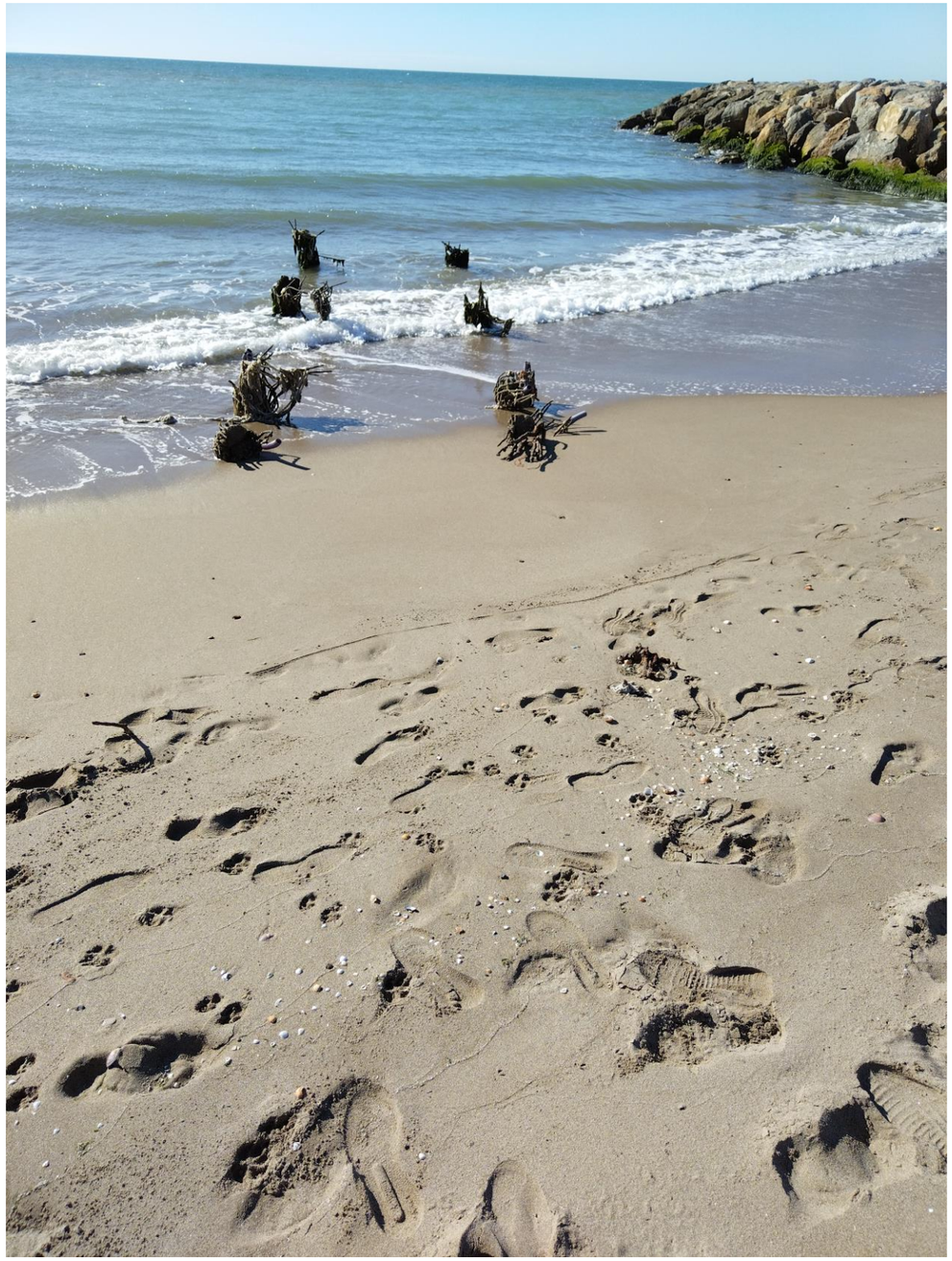


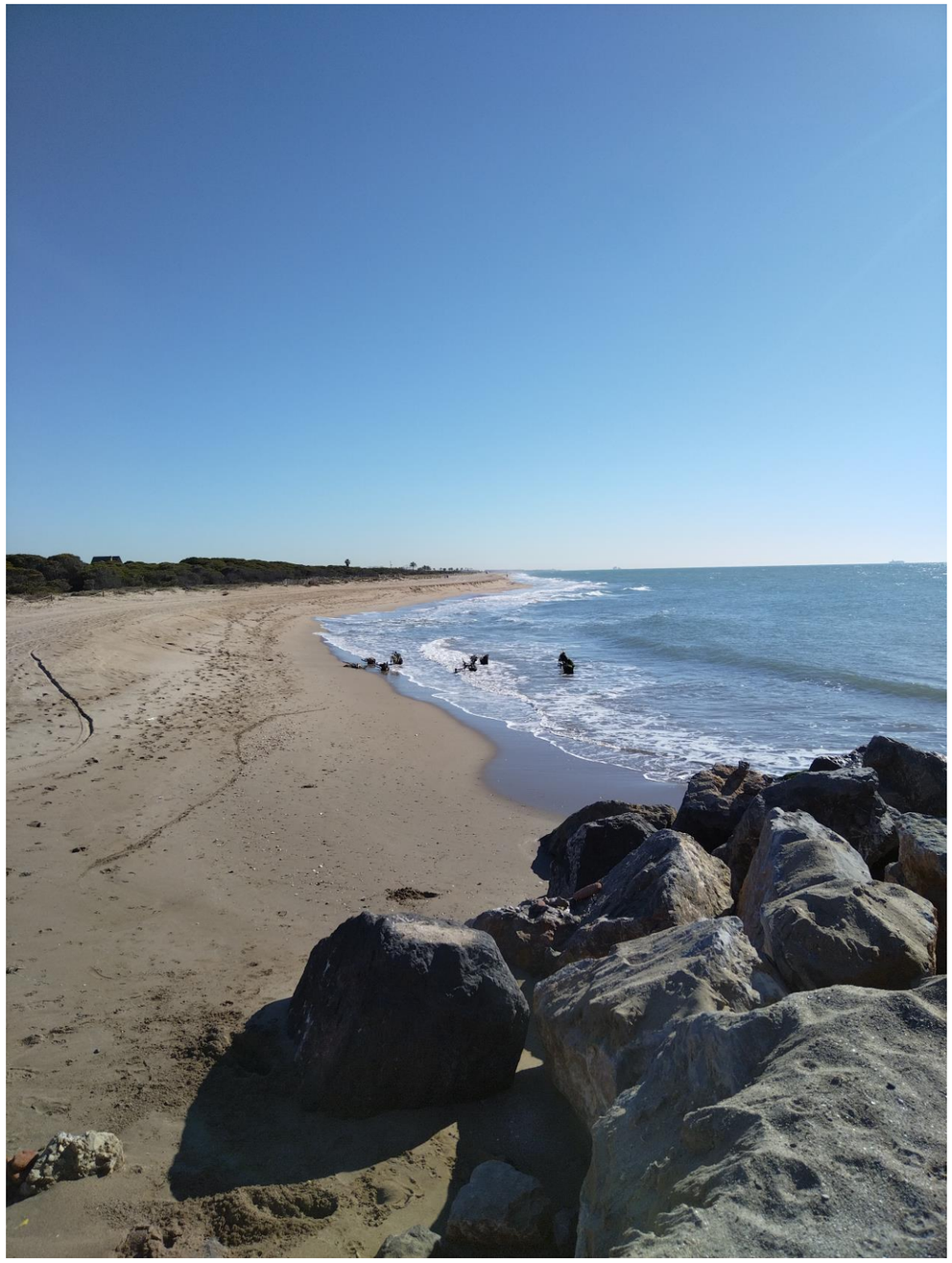
POSSIBLES ACCESSOS, VILADECANS.

POSSIBLES ACCESSOS, EL PRAT.



MAIG DE 2024





SETEMBRE DE 2023

ÀREA DE NIDIFICACIÓ
Zona d'especial protecció per a les aus
PROHIBIT EL PAS

ANNEX Nº 2. ESTUDI DEL CLIMA MARÍTIM

B	10-12-24	Emissió per a Comentaris del Client	JIM	JEG	JEG
A	09-12-24	Emissió per a Comentaris Interns	JIM	JEG	JEG
Edició	**Data**	**Descripció**	**Realitzat**	**Revisat**	**Aprovat**

ÍNDEX

1. ONATGE 1

2. NIVELL DEL MAR 2

2.1 FONT DE LES DADES 2

2.2 RÈGIM ACTUAL DE MAREES 2

2.2.1 RÈGIM MITJÀ 2

2.2.2 RÈGIM EXTREMAL 3

2.3 NIVELLS DE MAR DE CÀLCUL 4

2.4 EFECTES DEL CANVI CLIMÀTIC EN EL NIVELL DEL MAR 4

Apèndix 1. Informe *"EXTREMOS MÁXIMOS DE OLEAJE POR DIRECCIONES" de la Boia Barcelona II de Puertos del Estado.*

Índex de figures

Figura 1.- Funció de distribució de probabilitat extremal escalar de ll'alçada d'ona significant. Font: Puertos del Estado, PPEE. 1

Figura 2.- Ubicació de la Boia Barcelona II. Font: Puertos del Estado, PPEE. 1

Figura 3.- Localització del punt en el que s'ha obtingut el regi extremal local. Font: Marciglob. 1

Figura 4.- Règim extremal escalar davant la zona de projecte. Els resultats de les propagacions es mostren a l'Apèndix 1 de l'Annex 3 d' aquest projecte. Font: Marciglob 2

Figura 5.- Ubicació dels mareògrafs del Port de Barcelona i intervals temporals de cadascun d' ells. Font: Puertos del Estado, PPEE 2

Figura 6.- Nivells mitjans i extrems del mar a Barcelona. Font: PPEE 3

Figura 7.- Relació entre el zero REDMAR y el zero del GEOIDE -2013. Font: Autoritat Portuària de Barcelona 3

Figura 8.- Distribució de la freqüència relativa acumulada del nivell del mar respecte el 0 REDMAR. Font: PPEE 3

Figura 9.- Valors extrems anuals (màxim i mínim) del nivell del mar respecte el NMMA. Font: Marciglob3

Figura 10.- Funcions de distribució extremal del nivell del mar. Font: Marciglob 4

Figura 11.- Projecció de l'increment del nivell mitjà del mar al mareògraf de Barcelona. Font: NASA 5

Índex de taules

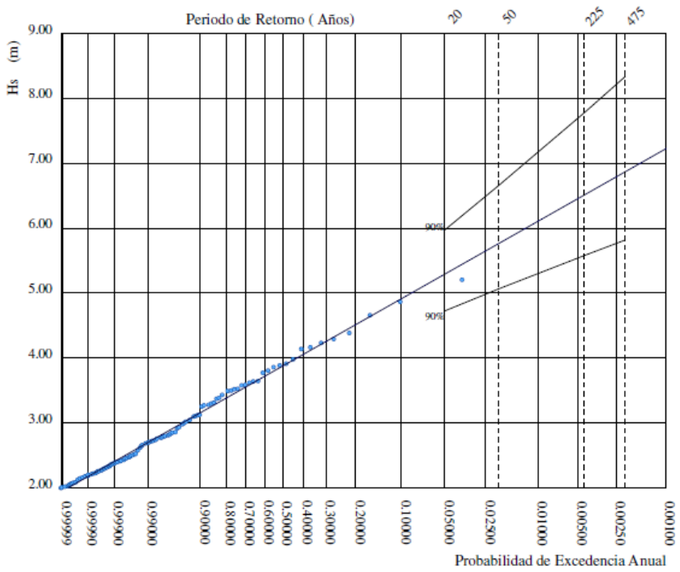
Taula 1.- Nivells de mar màxim i mínim associats a diferents períodes de retorn. Fuente: Marciglob 4

1. ONATGE

Per a la caracterització del règim extremal d'onatge s'ha utilitzat l'informe "*EXTREMOS MÁXIMOS DE OLEAJE POR DIRECCIONES*" de la Boia Barcelona II de Puertos del Estado. A la següent figura es mostra la funció de distribució de probabilitat extremal d'onatge escalar o omnidireccional, és a dir, sense tenir en compte la direcció de procedència de l'onatge. A L'Apèndix 1 d'aquest Annex es mostra l'informe complert, que també inclou els règims extremals per direccions.

REGIMEN EXTREMAL ESCALAR DE OLEAJE

LUGAR : Barcelona
PARÁMETRO : Altura Significante SERIE ANALIZADA : Mar. 2004 - Dic. 2020
PROFUNDIDAD : 68.0



P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	225.00	475.00
Estima Central de Hs (m)	5.29	5.76	6.51	6.87
Banda Sup. 90% Hs	5.97	6.66	7.78	8.34
Valor Esperado de Tp (s)	10.00	10.35	10.86	11.10
Prob. de Exc. en 20 Años	0.64	0.33	0.09	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.64	0.20	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante

Umbral de Excedencia	2.00 (m)	Parametros de la	Alfa = 1.93
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00	Distribucion Weibull	Beta = 0.82
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	11.69	de Excedencias	Gama = 1.20

Figura 1.- Funció de distribució de probabilitat extremal escalar de ll'alçada d'ona significant. Font: Puertos del Estado, PPEE.

A la següent figura es mostra la ubicació de la Boia Barcelona II, fondejada a uns 68 metres de profunditat.

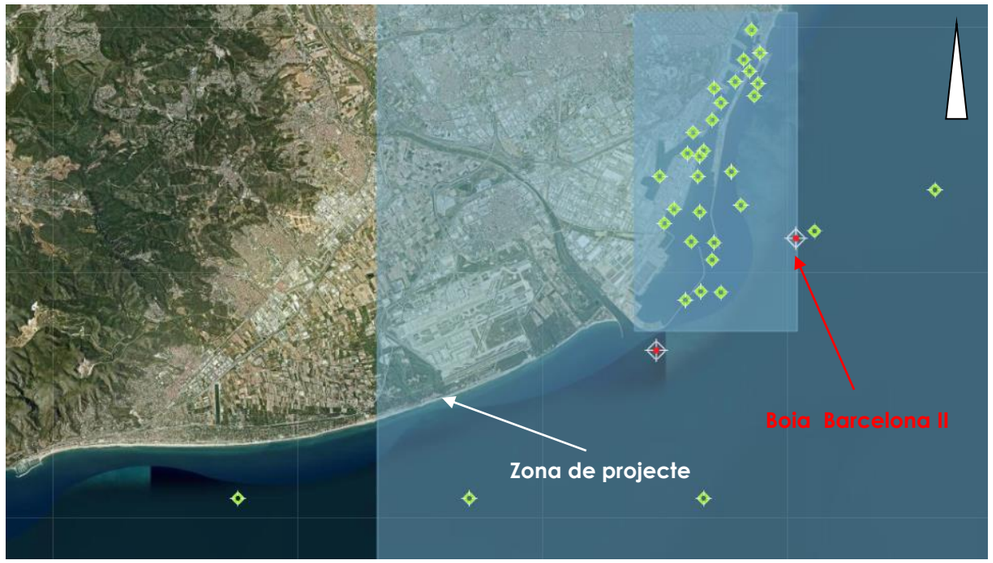


Figura 2.- Ubicació de la Boia Barcelona II. Font: Puertos del Estado, PPEE.

La relació entre l'alçada d' ona significant i el període de pic ve donada per la següent expressió:

$$T_p=5,17\ H_s^{\ 0,40}$$

A la Figura 3.- es mostra la localització del punt enfront de la zona de projecte al qual s'ha obtingut el règim extremal local que es mostra a la Figura 4.- . Les propagacions en base a les que s' ha obtingut es mostren a l'Apèndix 1 de l'Annex 3..

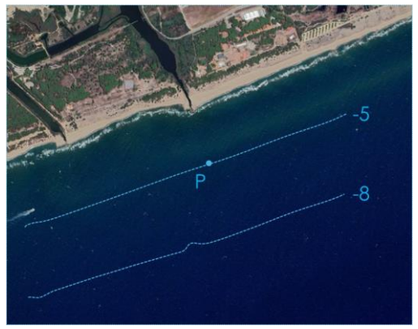
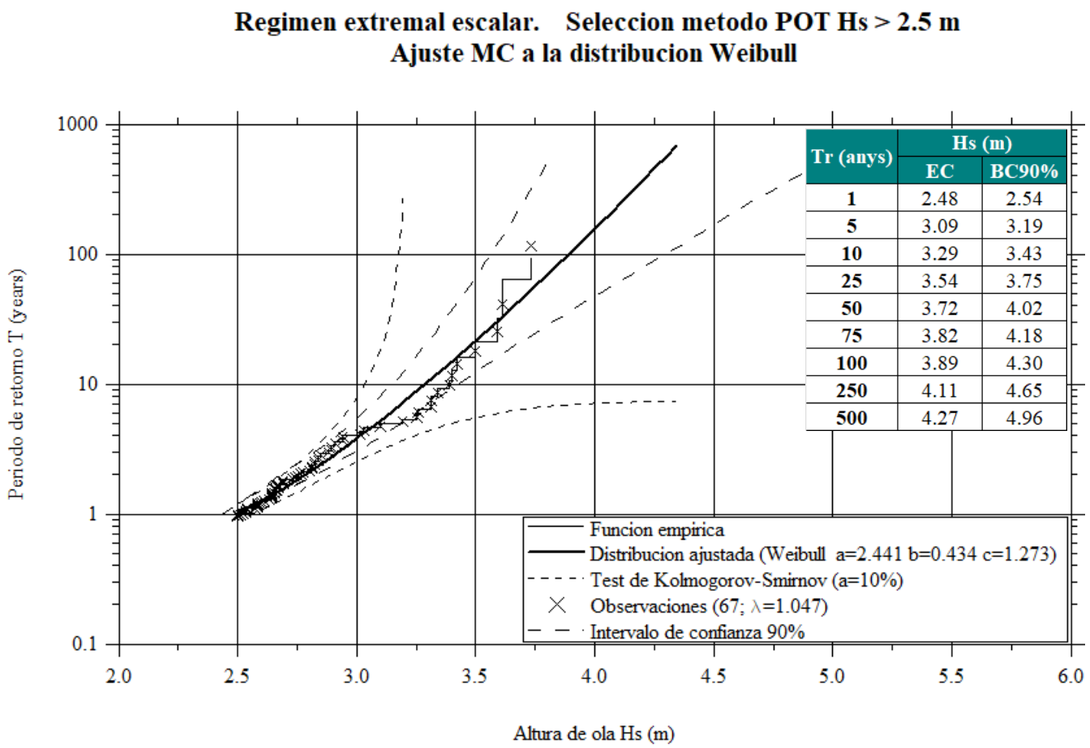


Figura 3.- Localització del punt en el que s'ha obtingut el regi extremal local. Font: Marciglob.



Tr (anys)	Hs (m)	
	EC	BC90%
1	2.48	2.54
5	3.09	3.19
10	3.29	3.43
25	3.54	3.75
50	3.72	4.02
75	3.82	4.18
100	3.89	4.30
250	4.11	4.65
500	4.27	4.96

Figura 4.- Règim extremal escalar davant la zona de projecte. Els resultats de les propagacions es mostren a l'Apèndix 1 de l'Annex 3 d' aquest projecte. Font: Marciglob

2. NIVELL DEL MAR

2.1 FONT DE LES DADES

La informació de marees emprada en aquest ha estat obtinguda de l'informe "Resum de paràmetres relacionats amb el nivell del mar i la marea que afecten les condicions de disseny i explotació portuària. Port de Barcelona" editat per Ports de l'Estat l'octubre de 2017, en el qual es va utilitzar els registres dels mareògrafs BARC (fins al desembre de 2007) i BAR2 (des de gener de 2008). La ubicació d'aquests mareògrafs i els intervals temporals emprats es mostra a la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

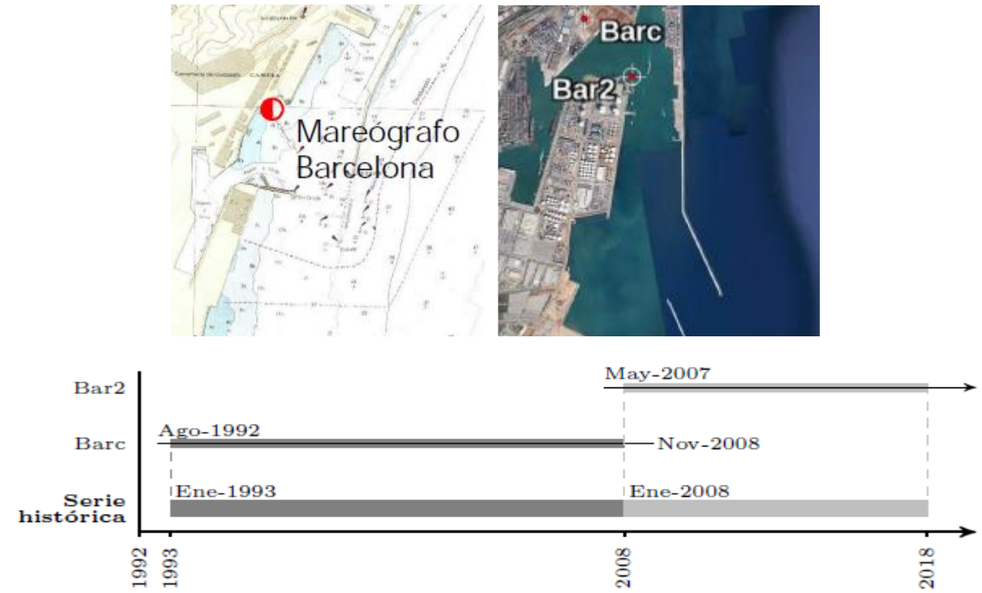


Figura 5.- Ubicació dels mareògrafs del Port de Barcelona i intervals temporals de cadascun d' ells. Font: Puertos del Estado, PPEE

2.2 RÈGIM ACTUAL DE MAREES

2.2.1 RÈGIM MITJÀ

En aquest informe, a partir dels registres del mareògraf es va obtenir la informació sobre els nivells mitjans i extrems mostrada en la Figura 6.- . Aquests nivells estan referits al nivell REDMAR o nivell de referència del mareògraf. El Zero d'Alacant (ZA) o Nivell Mitjà del Mar a Alacant (NMMA), segons el Geoide de 2013, se situa 0,10 m per damunt del zero REDMAR, tal com es mostra a la Figura 7.- , subministrada per l'APB.

Per tant, els nivells de marea astronòmica més representatius a la zona propera a Barcelona són:

- Màxima Plenamar Astronòmica : PMMA = +0,50 m (r/REDMAR) = +0,40 m (r/NMMA)
- Nivell Mitjà del Mar : NMM = +0,29 m (r/REDMAR) = +0,19 m (r/NMMA)
- Mínima Baixamar Astronòmica : BMMI = + 0,07 m (r/REDMAR) = -0,03 m (r/NMMA)

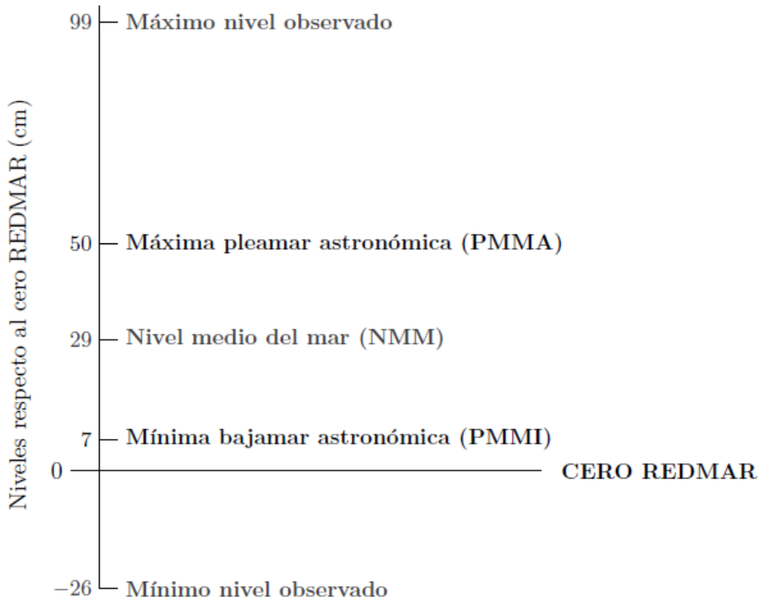


Figura 6.- Nivells mitjans i extrems del mar a Barcelona. Font: PPEE

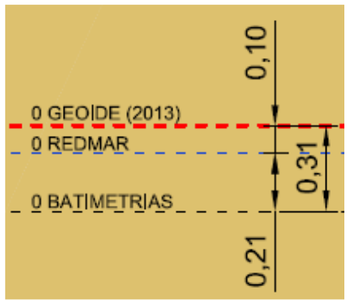
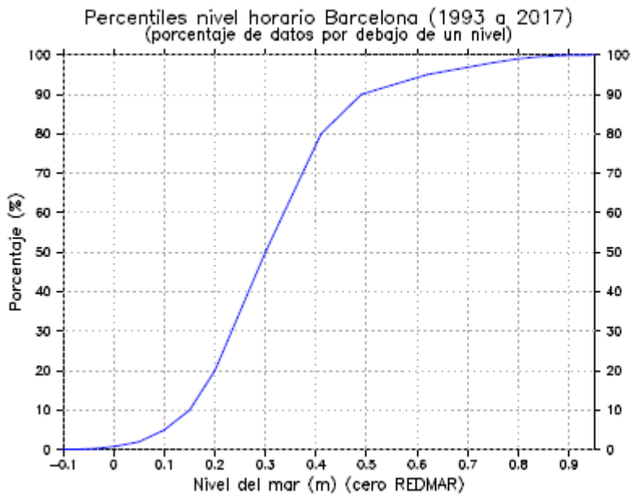


Figura 7.- Relació entre el zero REDMAR y el zero del GEOIDE -2013. Font: Autoritat Portuària de Barcelona

Per la seva banda la Figura 8.- mostra les freqüències relatives acumulades de la marea total (nivell horari) que permet determinar els nivells de mar associats a unes determinades probabilitats mitjanes de no excedència. Així, per exemple, el nivell del mar associat a una probabilitat de no excedència del 99,50 % (o el que és el mateix, associat a una probabilitat d'excedència del 0,50 %) és +0,84 m (REDMAR) = +0,74 m (GEOIDE).



Nivel (m)	% acumulado
-0.10	0.05
-0.08	0.10
-0.05	0.20
-0.02	0.50
0.01	1.00
0.05	2.00
0.10	5.00
0.15	10.00
0.20	20.00
0.30	50.00
0.41	80.00
0.49	90.00
0.62	95.00
0.75	98.00
0.80	99.00
0.84	99.50
0.88	99.80
0.92	99.90
0.95	99.95

Figura 8.- Distribució de la freqüència relativa acumulada del nivell del mar respecte el 0 REDMAR. Font: PPEE

2.2.2 RÈGIM EXTREMAL

La Figura 9.- mostra els valors extrems anuals (màxim i mínim) del nivell del mar respecte al NMMA.

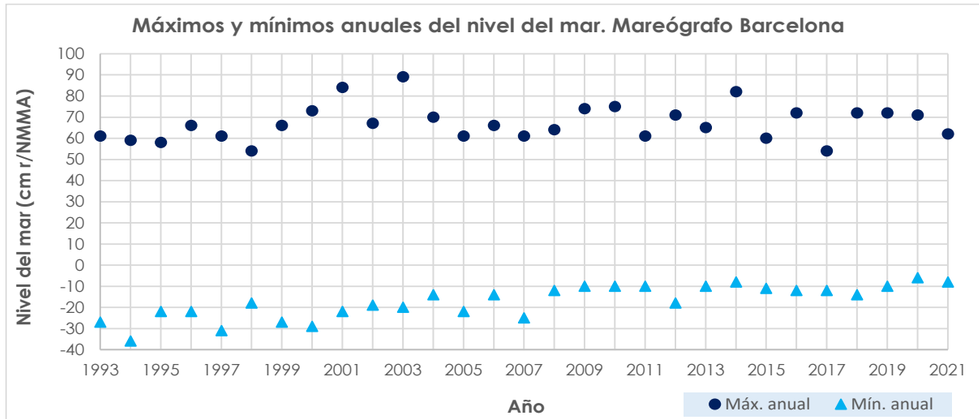


Figura 9.- Valors extrems anuals (màxim i mínim) del nivell del mar respecte el NMMA. Font: Marciglob

A partir d'aquests valors s'han calculat les funcions de distribució extremal del nivell del mar (màxim com a mínim) presentades a la Figura 10.- . Es presenta tant la Estima Central (EC), és a dir, el valor més probable associat a un determinat període de retorn, com la Banda de Confiança del 90 % (BC90%), és a dir, l'interval de valors dins del qual estaria el valor associat a un determinat període de retorn amb una probabilitat del 90 %.

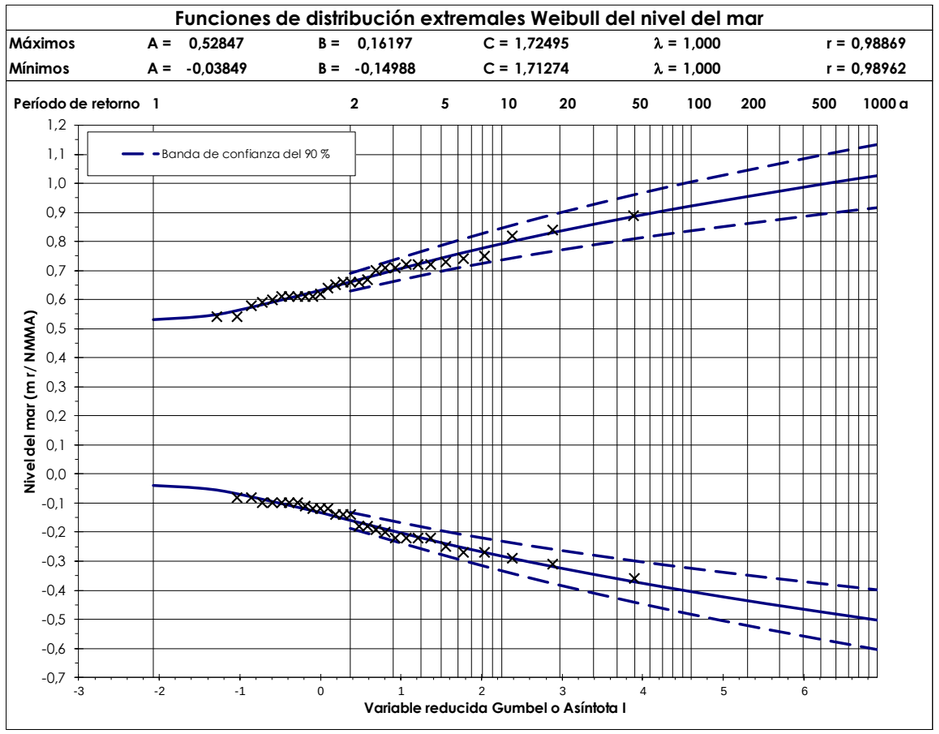


Figura 10.- Funcions de distribució extremal del nivell del mar. Font: Marciglob

A la següent taula es mostren els nivells de mar (màxims i mínims) associats a diferents períodes de retorn Tr (corresponents a la Estima Central).

Taula 1.- Nivells de mar màxim i mínim associats a diferents períodes de retorn. Fuente: Marciglob

Tr (anys)	Màxim	Mínim
1	+0,53 m NMMA	-0,04 m NMMA
5	**+0,74 m NMMA**	**-0,24 m NMMA**
10	+0,79 m NMMA	-0,28 m NMMA
50	+0,89 m NMMA	-0,37 m NMMA
100	+0,92 m NMMA	-0,40 m NMMA
500	+1,00 m NMMA	-0,44 m NMMA
1000	+1,03 m NMMA	-0,50 m NMMA

2.3 NIVELLS DE MAR DE CÀLCUL

Generalment el nivell de mar més desfavorable per al càlcul d'obres marítimes és el nivell màxim, ja que produeix majors ultrapassaments i màximes alçades d' ona en el cas que l'onatge trenqui per fons. No obstant això, per a algunes parts de les obres (especialment les submergides) el nivell més desfavorable pot ser el mínim (especialment si l'onatge no trenca per fons), ja que la influència de l'onatge és més gran. D'altra banda, a les ROM 2.0-11 s'estableix que per a condicions de treball extremes (CT2) i excepcionals associades a accions climàtiques extraordinàries (CT3,1) els valors dels agents climàtics no predominants són els associats a un període Tr = 5 anys. Per tot això es consideraran els següents nivells de mar de càlcul:

- Nivell màxim, NMAX = **+0,74 m (r/NMMA)**
- Nivell mitjà, NMM = **+0,19 m (r/NMMA)**
- Nivell mínim, NMIN = **-0,24 m (r/NMMA)**

És cert que s'han registrat nivells per sota de la BMMI però aquests valors estan associats amb sobreelevacions meteorològiques negatives (descensos del nivell del mar), que són produïdes per fronts anticiclònics, i per tant incompatibles amb les fortes borrasques que provoquen els onatges de disseny.

2.4 EFECTES DEL CANVI CLIMÀTIC EN EL NIVELL DEL MAR

És conegut que l'increment de l'emissió de gasos d'efecte hivernacle està modificant paràmetres meteorològics i oceanogràfics (efecte conegut com a canvi climàtic), sent l'increment del nivell del mar uns dels quals està i seguirà patint un major increment.

A la pàgina https://c3e.ihcantabria.com es presenten els resultats del projecte "Elaboració de la metodologia i bases de dades per a la projecció d'impactes de canvi climàtic a la costa espanyola" en forma d'un visor que permet l'obtenció de la previsió de variació futura d'algunes variables oceàniques com a conseqüència del canvi climàtic.

En particular en el visor d'aquesta pàgina web s'inclou informació sobre la variació del Nivell Mitjà del Mar (NMM o MSL) i de la Marea meteorològica associada a una probabilitat de no excedència del 99,9 %(MM99,9%) en dos intervals temporals (2026 – 2045) i (2081 – 2100) respecte als valors mitjans en l'interval (1985 – 2005).

Aquesta informació està disponible per a diferents punts al llarg de la costa espanyola peninsular i insular.

No obstant això, en el seu informe de 2021 l'IPCC va modificar els escenaris climàtics, passant als escenaris SSP0-0.0 .

En base a aquests escenaris, la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) ha generat una eina de projecció de l'increment de nivell mitjà del mar a nivell global a partir dels registres diferents mareògrafs i els diferents escenaris SSP. A la Figura 11.- es mostra la projecció d' increment del nivell mitjans del mar al mareògraf de Barcelona per als escenaris SSP2-4,5 i SSP5-8.5.

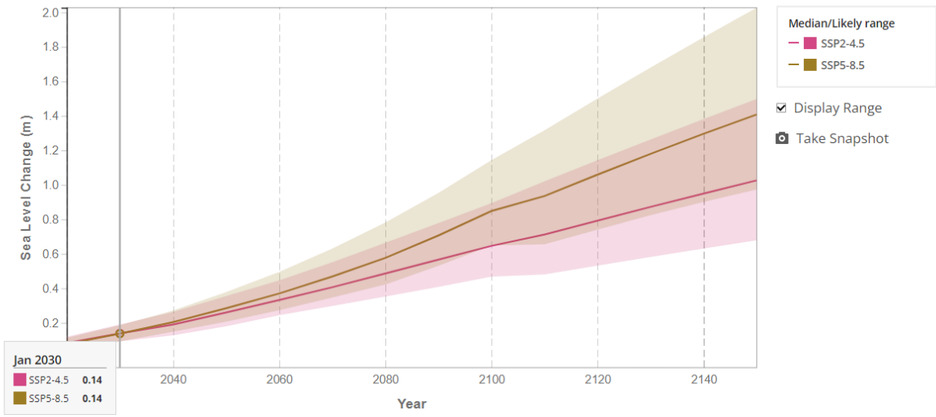


Figura 11.- Projecció de l'increment del nivell mitjà del mar al mareògraf de Barcelona. Font: NASA

En aquest cas les projeccions es refereixen al període 1995 – 2014 (podent-se considerar com a any representatiu el 2005, i que per tant se solapa amb els registres del mareògraf de Barcelona, veure secció anterior) i les bandes de confiança mostrades són les corresponents al 66 %.

Considerant el 2040 com a any horitzó (any 2025 + 15 anys de vida útil, veure annex "Bases de Disseny" d'aquest projecte) s'obtenen els següents increments del nivell mitjà del mar (entre corxets es mostren els valors associats a la banda de confiança):

SSP2-4.5: ΔNMM (2025–40) = +0,19 – 0,11 = +0,08 m [+0,32 – 0,19 = +0,13 m]

SSP5-8.5: ΔNMM (2025–40) = +0,20 – 0,11 = +0,09 m [+0,32 – 0,18 = +0,14 m]

Es pot apreciar que en aquest últim cas els increments del nivell del mar són lleugerament superiors (uns pocs cm).

Tenint en compte tot l'anterior, en l'estudi es considerarà que el canvi climàtic es tradueix en **un increment del nivell del mar de +0,15 m** que afecta tots els nivells de marea (plenamars i baixamars) ja que les components astronòmiques no es veuen alterades pel canvi climàtic i les modificacions en els valors de la marea meteorològica són menyspreables.

APÈNDIX 1. INFORME "EXTREMOS MÁXIMOS DE OLEAJE POR DIRECCIONES" DE LA BOIA BARCELONA II DE *PUERTOS DEL ESTADO*

MINISTERIO DE FOMENTO

Puertos del Estado

EXTREMOS MÁXIMOS DE OLEAJE POR DIRECCIONES

(ALTURA SIGNIFICANTE)

Boya de Barcelona

CÓDIGO B.D.	1731
PERIODO	2004 - 2020
LONGITUD	2.200 E
LATITUD	41.320 N
PROFUNDIDAD	68 m

BANCO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS

DE PUERTOS DEL ESTADO

NOTA:

El presente documento ha sido elaborado utilizando datos procedentes del Banco de Datos Oceanográficos de Puertos del Estado.

Los datos utilizados proceden tanto de las Redes de Medida como de los Modelos con los que cuenta Puertos del Estado. Dichos datos han sido almacenados tras aplicar controles de calidad y procesos de validación que garanticen la mayor fiabilidad posible.

Para su elaboración no ha sido tenida en cuenta la posible existencia de variaciones en el nivel medio del mar a largo plazo.

Los resultados contenidos en este documento tienen carácter consultivo u orientativo, por lo que en ningún caso Puertos del Estado se hará valedor o responsable de las consecuencias que se pudieran derivar de su uso.

Índice

1. Conceptos y Fórmulas Útiles **4**

1.1. Régimen Extremal 4

1.2. Temporal. Picos sobre un Umbral 4

1.3. Probabilidad Anual de Excedencia 5

1.4. Periodo de Retorno 5

1.5. Vida Útil y Probabilidad de Excedencia de la Altura de Diseño. . . . 6

1.6. Altura Significante y Periodo de Pico en situación de temporal. . . . 7

2. Utilizando la Información de las tablas. **7**

3. Resultados Escalares. **9**

4. Resultados por Direcciones. **10**

4.1. Direcciones Dominantes:Rosa de ALTURA SIGNIFICANTE 10

4.2. Sector Direccional E 11

4.3. Sector Direccional SE 12

4.4. Sector Direccional S 13

4.5. Sector Direccional SW 14

1. Conceptos y Fórmulas Útiles

1.1. Régimen Extremal

La seguridad y la operatividad de una instalación en la costa puede estar condicionada por la acción del oleaje en situación de temporal. Es decir, en situaciones donde la altura del oleaje alcanza una intensidad poco frecuente.

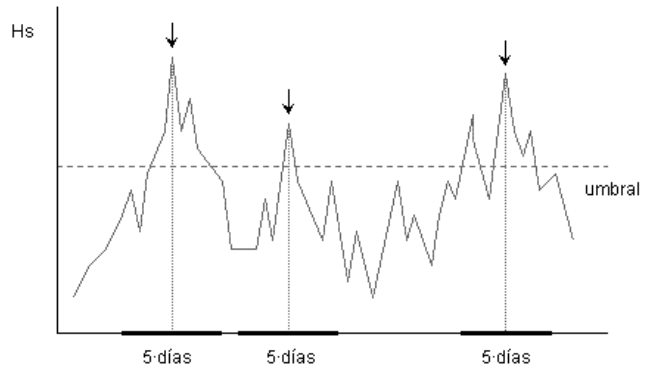
Con el fin de acotar el riesgo que corre una instalación, debido a la acción del oleaje, es necesario tener una estimación de la frecuencia o probabililidad con la que se presentan temporales que superen una cierta Altura Significante de ola.

Un régimen extremal de oleaje, es precisamente, un modelo estadístico que describe la probabilidad con la que se puede presentar un temporal de una cierta altura de riesgo.

1.2. Temporal. Picos sobre un Umbral

En este informe se denomina temporal a aquella situación durante la cual la altura del oleaje supera un cierto umbral. Se supone, además, que el tiempo mínimo que transcurre entre la aparición de dos temporales independientes es de 5 días.

Un temporal queda representado por el pico o valor máximo de altura alcanzado por el oleaje durante un periodo de 5 días.



El método de selección de temporales descrito se conoce como POT (Peak Over Threshold). La figura superior ilustra como se realiza la selección de los valores de

altura que representan el comportamiento extremal de una serie.

1.3. Probabilidad Anual de Excedencia

La probalidad de que el **mayor** temporal ocurrido en **un año** tenga una Altura Significante **superior** a un cierto valor H_a prestablecido está dado por la expresión.

$$P_a(x) \quad = \quad 1 - e^{-\lambda(1-F_w(H_a))}$$

Donde "λ.es el número medio de temporales ocurridos en un año, y F_w es la distribución Weibull de excedencias cuya expresión es:

$$F_w(H_a) \quad = \quad 1 - exp\left(-\left(\frac{H_a - \alpha}{\beta}\right)^{\gamma}\right)$$

Los valores de los parámetros λ , α , β y γ se proporcionan en la sección de resultados.

1.4. Periodo de Retorno

El número de años que **en promedio** transcurren entre temporales que superan un cierto valor de Altura Significante H_r, se denomina Periodo de Retorno T_r asociado a la Altura de Retorno H_r.

La relación entre T_r y H_r está dada por la siguiente expresión:

$$T_r \quad = \quad \frac{1}{P_a(H_r)}$$

Donde P_a es la Probabilidad Anual de Excedencia. Sustituyendo P_a por su expresión se obtiene la siguiente relación aproximada válida para valores de T_r superiores a 10 años:

$$H_r \quad = \beta(-ln(\tfrac{1}{\lambda T_r}))^{\frac{1}{\gamma}} + \alpha$$

El Periodo de Retorno es un modo intuitivo de evaluar como de "raro" o poco frecuente es un suceso. No obstante, es muy importante recordar que T_r **es un tiempo promedio**. De hecho, de modo general, la probabilidad de que la Altura de Retorno H_r asociada al Periodo de Retorno T_r se supere antes de T_r años tiende al valor 0.64.

1.5. Vida Útil y Probabilidad de Excedencia de la Altura de Diseño.

Para garantizar un cierto nivel de seguridad en una obra expuesta a la acción del oleaje es necesario proyectarla de modo que esté acotada la probabilidad de que, durante un tiempo predeterminado, pueda fallar por excedencia de la Altura de Diseño. La especificación del grado de seguridad conduce a los siguientes conceptos:

- Altura de Diseño . Al proyectar una obra se dimensiona de modo que sea capaz de soportar la acción de temporales con altura menor o igual a la Altura de Diseño.
- Vida Útil. La Vida Útil de un proyecto es el periodo de tiempo durante el cual es necesario garantizar la permanencia en servicio de una instalación. En el caso de una obra en ejecución, la vida útil es el tiempo esperado para el desarrollo de la obra.
- Probabilidad de Excedencia. Es la probabilidad de que al menos un temporal supere la Altura de Diseño dentro del tiempo de Vida Útil.

La determinación de la Altura de Diseño, y por tanto, el nivel de seguridad, se realiza especificando el valor admisible de la Probabilidad de Excedencia de la Altura de Diseño durante el tiempo de Vida Útil. A su vez la Vida Útil y la Probabilidad de Excedencia admisible se determinan en función de los costos económicos y sociales de un posible fallo.

La Probabilidad de Excedencia P_L de la Altura de Diseño H_d en una Vida Útil de L años viene dada por la relación:

$$P_L(H_d) \quad = \quad 1 - (1 - P_a(H_d))^L$$

El Peridodo de Retorno T_r asociado a la altura de diseño H_d está ligado a la Probabilidad de Excedencia en una Vida Útil de L años a través de la siguiente relación:

$$T_r = -\frac{L}{ln(1 - P_L)}$$

1.6. Altura Significante y Periodo de Pico en situación de temporal.

En este trabajo se ha supuesto que la Altura Significante caracteriza de modo principal la severidad de un temporal. No obstante, la acción de un temporal sobre una estructura también depende del Periodo del Oleaje.

Por ello, una vez seleccionados los picos de temporal se establece una relación empírica entre el Periodo de Pico y la Altura Significante del oleaje ajustando por mínimos cuadrados una relación del tipo:

$$E(T_p) = aH_s{}^c$$

Donde $E(T_p)$ es el Valor Esperado o probable del Periodo de Pico para el pico de un temporal de altura significante H_s.

2. Utilizando la Información de las tablas.

De modo general este informe la información se organiza en dos bloques. En primer lugar se muestra el resultado del modelo extremal ajustado para la serie escalar completa. Esto significa que para el ajuste no se han tenido en cuenta las direcciones asociadas a los extremos medidos. A continuación se muestran los resultados de modelo extremal ajustado para cada una de las direcciones más relevantes observadas en la serie histórica. Para complementar este capítulo se acompaña de la rosa de altura significante.

Es importante tener en consideración que en algunos casos la boya no dispuso de sensor direccional hasta tiempo después de su puesta en funcionamiento. En esas circunstancias el periodo de tiempo con el que se hace el ajuste extremal escalar y el direccional no coincidirán.

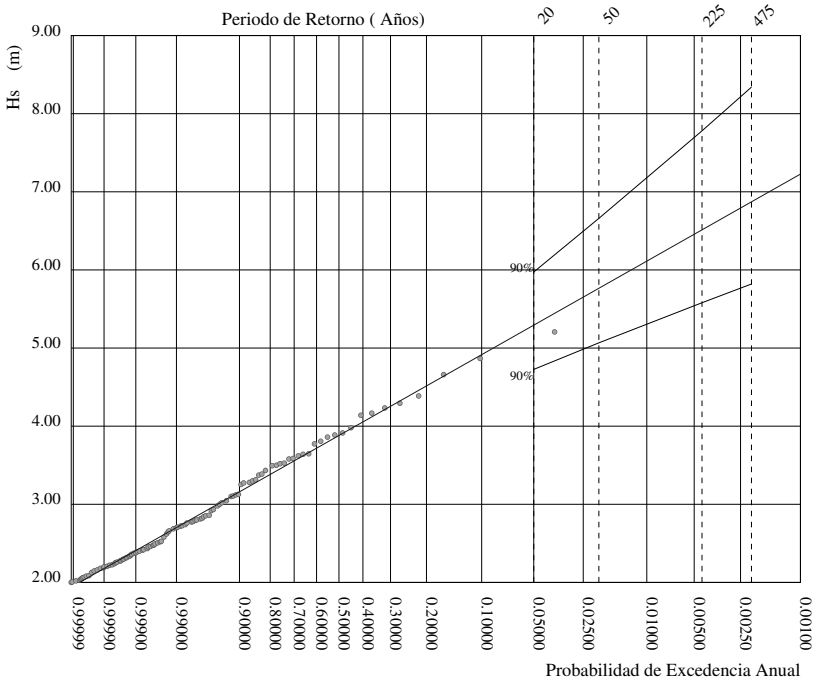
Los resultados del modelo extremal ajustado se condensan del siguiente modo:

- Gráfico con el ajuste de los valores extremos a una distribución Weibull. En dicho gráfico se representa la siguiente información:
  - En eje de ordenadas se representa la altura de los temporales.
  - En eje de abcisas se representa la probabilidad anual de superación.
  - Los puntos dibujados representan la altura de los temporales observados.
  - La recta representa la función de distribución Weibul ajustada.
  - La intersección de las líneas verticales punteadas con la recta de ajuste determina las estimas centrales o alturas de retorno asociadas a diferentes periodos de retorno.
  - La intersección de las líneas verticales con la banda superior permite valorar la incertidumbre existente al estimar las alturas de retorno.
- Tabla con resultados asociados a un conjunto de Periodos de Retorno de uso frecuente. Esta tabla incluye:
  - Lista de Periodos de Retorno.
  - Alturas de Retorno asociadas.
  - Bandas Superior de Confianza de las Alturas de Retorno.
  - Valor Esperado del Periodo de Pico para cada Alturas de Retorno.
  - Probabilidad de Excedencia de cada Altura de Retorno en una Vida Útil de 20 años.
  - Probabilidad de Excedencia de cada Altura de Retorno en una Vida Útil de 50 años.
- Parámetros α ($Alfa$), β ($Beta$), γ ($Gamma$), y $Lambda$ ($Lambda$) del modelo ajustado.
- Relación entre la Altura Significante de Ola y el Periodo de Pico.

3. Resultados Escalares.

REGIMEN EXTREMAL ESCALAR DE OLEAJE

LUGAR : Barcelona
PARÁMETRO : Altura Significante SERIE ANALIZADA : Mar. 2004 - Dic. 2020
PROFUNDIDAD : 68.0



P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	225.00	475.00
Estima Central de Hs (m)	5.29	5.76	6.51	6.87
Banda Sup. 90% Hs	5.97	6.66	7.78	8.34
Valor Esperado de Tp (s)	10.00	10.35	10.86	11.10
Prob. de Exc. en 20 Años	0.64	0.33	0.09	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.64	0.20	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante

Umbral de Excedencia	2.00 (m)	Parametros de la	Alfa = 1.93
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00	Distribucion Weibull	Beta = 0.82
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	11.69	de Excedencias	Gama = 1.20

Relacion entre Altura Significante (m) y Periodo de Pico (s)

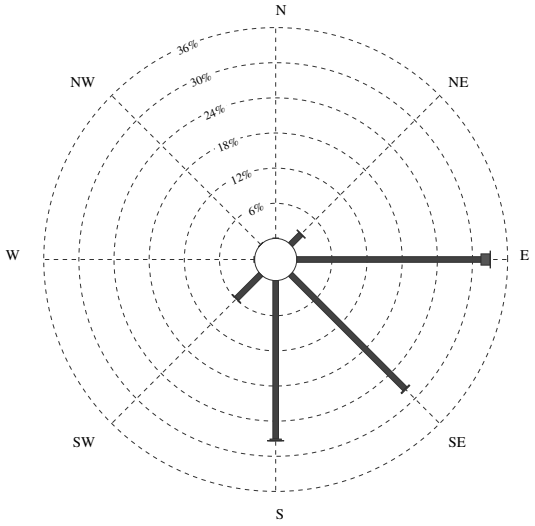
$$Tp = 5.17\ Hs^{0.40}$$

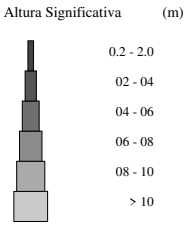
4. Resultados por Direcciones.

4.1. Direcciones Dominantes:Rosa de ALTURA SIGNIFICANTE

LUGAR : Barcelona
CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia
INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PERIODO : Global
SERIE ANALIZADA : Mar. 2004 - Dic. 2020
PORCENTAJE DE CALMAS : 3.05 %

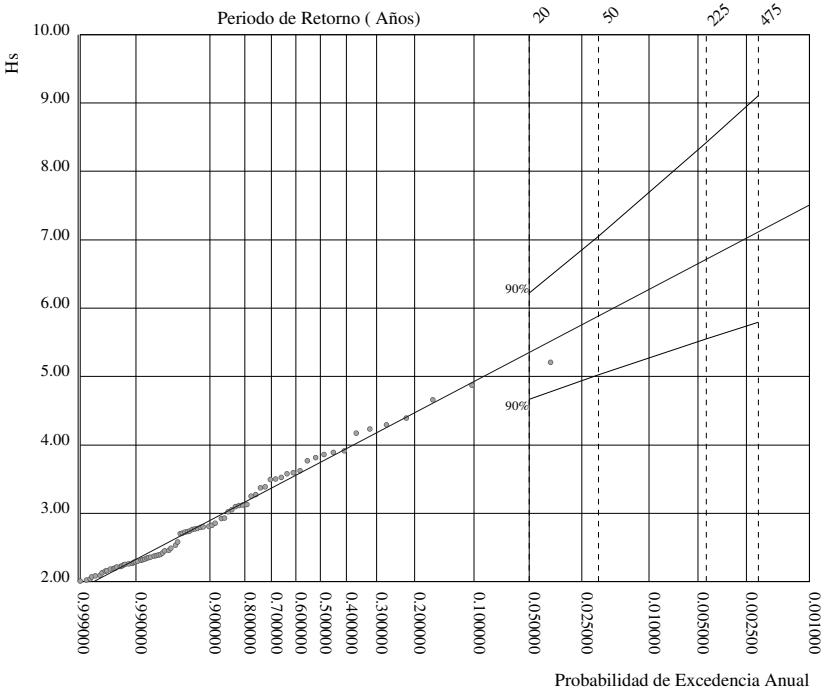




4.2. Sector Direccional E

REGIMEN EXTREMAL DIRECCIONAL DE OLEAJE

LUGAR :	Barcelona	SECTOR :	E (67.5:112.5)
PARÁMETRO :	Altura Significante	SERIE ANALIZADA :	Mar. 2004 - Dic. 2020
PROFUNDIDAD :	68.0m		



P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	225.00	475.00
Estima Central de Hs (m)	5.35	5.88	6.71	7.11
Banda Sup. 90% Hs	6.22	7.05	8.42	9.11
Valor Esperado de Tp (s)	10.37	10.80	11.43	11.72
Prob. de Exc. en 20 Años	0.63	0.33	0.09	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.63	0.20	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante

Umbral de Excedencia	2.00 (m)	Parametros de la	Alfa = 1.87
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00	Distribucion Weibull	Beta = 0.94
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	6.92	de Excedencias	Gamma = 1.22

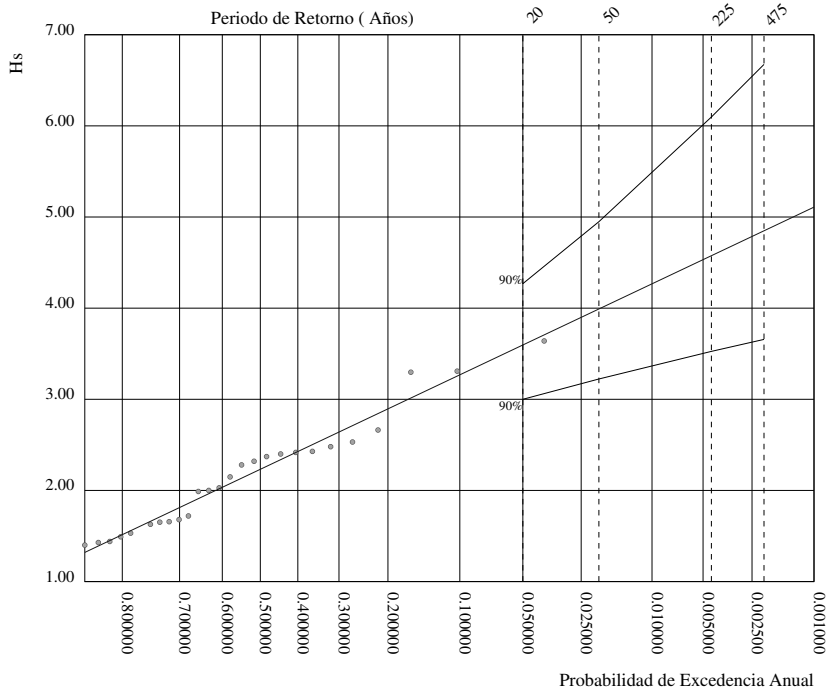
Relacion entre Altura Significante (m) y Periodo de Pico (s)

$$Tp = 5.05\ Hs^{0.43}$$

4.3. Sector Direccional SE

REGIMEN EXTREMAL DIRECCIONAL DE OLEAJE

LUGAR :	Barcelona	SECTOR :	SE (112.5:157.5)
PARÁMETRO :	Altura Significante	SERIE ANALIZADA :	Mar. 2004 - Dic. 2020
PROFUNDIDAD :	68.0m		



P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	225.00	475.00
Estima Central de Hs (m)	3.60	3.99	4.57	4.85
Banda Sup. 90% Hs	4.27	4.95	6.10	6.67
Valor Esperado de Tp (s)	7.93	8.18	8.51	8.65
Prob. de Exc. en 20 Años	0.63	0.33	0.09	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.63	0.20	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante

Umbral de Excedencia	1.40 (m)	Parametros de la	Alfa = 1.22
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00	Distribucion Weibull	Beta = 1.01
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	1.89	de Excedencias	Gamma = 1.50

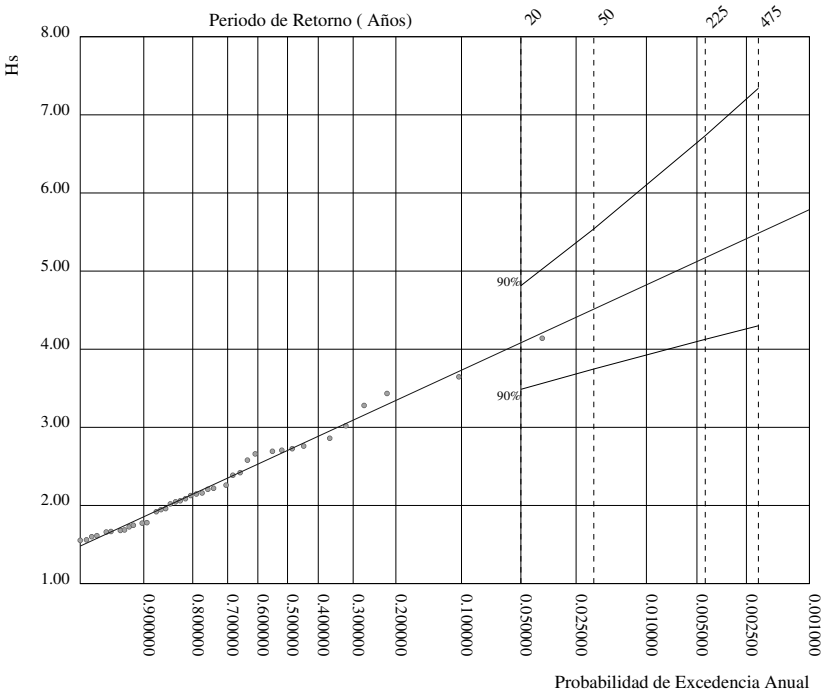
Relacion entre Altura Significante (m) y Periodo de Pico (s)

$$Tp = 5.48\ Hs^{0.29}$$

4.4. Sector Direccional S

REGIMEN EXTREMAL DIRECCIONAL DE OLEAJE

LUGAR :	Barcelona	SECTOR :	S (157.5:202.5)
PARÁMETRO :	Altura Significante	SERIE ANALIZADA :	Mar. 2004 - Dic. 2020
PROFUNDIDAD :	68.0m		



P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	225.00	475.00
Estima Central de Hs (m)	4.08	4.51	5.17	5.49
Banda Sup. 90% Hs	4.82	5.54	6.73	7.34
Valor Esperado de Tp (s)	8.40	8.65	9.01	9.16
Prob. de Exc. en 20 Años	0.63	0.33	0.09	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.63	0.20	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante

Umbral de Excedencia	1.50 (m)	Parametros de la	Alfa = 1.43
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00	Distribucion Weibull	Beta = 0.92
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	3.28	de Excedencias	Gamma = 1.34

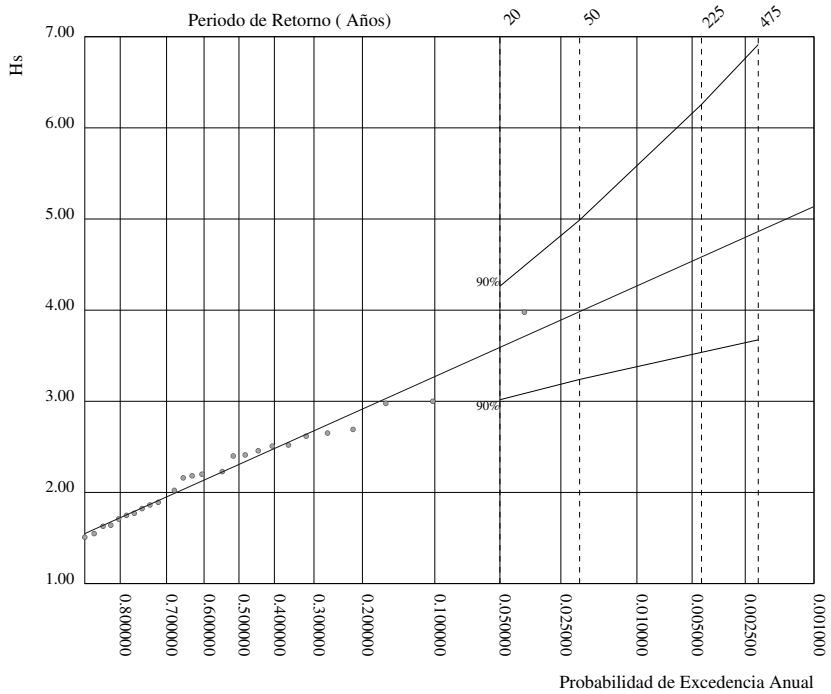
Relacion entre Altura Significante (m) y Periodo de Pico (s)

$$Tp = 5.55\ Hs^{0.29}$$

4.5. Sector Direccional SW

REGIMEN EXTREMAL DIRECCIONAL DE OLEAJE

LUGAR :	Barcelona	SECTOR :	SW (202.5:247.5)
PARÁMETRO :	Altura Significante	SERIE ANALIZADA :	Mar. 2004 - Dic. 2020
PROFUNDIDAD :	68.0m		



P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	225.00	475.00
Estima Central de Hs (m)	3.59	3.99	4.58	4.87
Banda Sup. 90% Hs	4.27	4.99	6.26	6.91
Valor Esperado de Tp (s)	7.90	7.99	8.13	8.18
Prob. de Exc. en 20 Años	0.63	0.33	0.09	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.63	0.20	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante

Umbral de Excedencia	1.50 (m)	Parametros de la	Alfa = 1.49
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00	Distribucion Weibull	Beta = 0.80
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	1.96	de Excedencias	Gamma = 1.33

Relacion entre Altura Significante (m) y Periodo de Pico (s)

$$Tp = 6.79\ Hs^{0.12}$$

ANNEX Nº 3. ESTUDI DE DINÀMICA LITORAL

B	10-12-24	Emissió per a Comentaris del Client	JIM	JEG	JEG
A	09-12-24	Emissió per a Comentaris Interns	JIM	JEG	JEG
Revisió	**Data**	**Descripció**	**Realitzat**	**Revisat**	**Aprovat**

ÍNDICE

1. CONTENIDO DEL ESTUDIO 1

2. CLIMA MARÍTIMO 1

3. BATIMETRÍA, NATURALEZA GEOLÓGICA DE LOS FONDOS Y CONDICIONES DE LA BIOSFERA SUBMARINA 2

3.1 BATIMETRÍA 2

3.2 NATURALEZA GEOLÓGICA DE LOS FONDOS 2

3.2.1 GEOLOGÍA 2

3.2.1.1 Marco geológico general 2

3.2.1.2 Unidades geológicas 4

3.2.1.3 Unidades tectónicas 5

3.2.1.4 Historia geológica y evolución paleogeográfica del delta del Llobregat 5

3.2.2 SEDIMENTOLOGÍA LOCAL 5

3.2.2.1 Información existente 5

3.3 CONDICIONES DE LA BIOSFERA MARINA 8

4. FORMAS DE EQUILIBRIO EN PLANTA Y PERFIL 10

4.1 FORMAS DE EQUILIBRIO DE UNA PLAYA EN PLANTA 10

4.1.1 FORMULACIONES EXISTENTES 10

4.1.2 RESULTADOS OBTENIDOS 11

4.1.2.1 Definición del polo de difracción 11

4.1.2.2 Dirección del flujo medio de energía 11

4.1.2.2.1 Cálculo analítico 12

4.1.2.3 Ajuste realizado 12

4.2 ANÁLISIS DEL PERFIL TRANSVERSAL 13

4.2.1 ZONIFICACIÓN DEL PERFIL DE PLAYA. PROFUNDIDADES ACTIVA Y DE CIERRE ... 13

4.2.2 PERFIL DE EQUILIBRIO 14

4.2.2.1 Formulaciones existentes 14
4.2.2.1.1 Perfil de Dean 14
4.2.2.1.2 Perfil de equilibrio con modelo de disipación en la zona de rotura 15
4.2.2.1.3 Perfil en playas con refracción y difracción 15
4.2.2.1.4 Perfil en playas con reflexión 16
4.2.2.2 Aplicación de los perfiles de equilibrio a la playa existente 16
5. ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DEL TRANSPORTE LITORAL EN LA UNIDAD MORFOLÓGICA 17
5.1 METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS 17
5.2 CÁLCULO DEL TRANSPORTE A PARTIR DE VARIACIONES DE LA LÍNEA DE COSTA 18
5.2.1 INTRODUCCIÓN 18
5.2.2 RESULTADOS OBTENIDOS 18
5.3 CÁLCULO DEL TRANSPORTE A PARTIR DE VARIACIONES DE LA BATIMETRÍA 19
5.4 CÁLCULO DEL TRANSPORTE LONGITUDINAL MEDIANTE FORMULACIONES ANALÍTICAS 20
5.4.1 INTRODUCCIÓI 20
5.4.2 PRINCIPALES FORMULACIONES EXISTENTES 21
5.4.2.1 Fórmula del CERC 21
5.4.2.1.1 Expresión general 21
5.4.2.1.2 Cuantificación del coeficiente K 21
5.4.2.2 Fórmula de Kamphuis 22
5.4.2.3 Fórmula de Van Rijn 22
5.4.3 IMPLEMENTACIÓN DE LAS FÓRMULAS 23
5.4.4 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE LONGITUDINAL 23
5.4.4.1 Resultados de estudios anteriores 23
5.4.4.2 Resultados obtenidos específicamente para este estudio 24
5.5 CÁLCULO DEL TRANSPORTE MEDIANTE MODELADO NUMÉRICO 28
5.5.1 CONCEPTOS PREVIOS SOBRE EL MODELO UTILIZADO 28
5.5.2 RESULTADOS DEL MODELO NUMÉRICO 28
5.6 COMENTARIOS RESPECTO AL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS 30
5.6.1 TRANSPORTE LONGITUDINAL 30
5.6.2 TRANSPORTE TRANSVERSAL 30
6. EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA Y BALANCE SEDIMENTARIO 31
6.1 PUNTOS DE REFERENCIA 31
6.2 EVOLUCIÓN DEL ANCHO DE PLAYA EN EL TRAMO DE COSTA EN LA ZONA DE PROYECTO Y SUS CERCANÍAS EN BASE A FOTOGRAFÍAS AÉREAS CENITALES (1929-1999) 33
6.3 EVOLUCIÓN DE LAS ACTUACIONES ANTRÓPICAS EN LA ZONA DE PROYECTO EN BASE A FOTOGRAFÍAS AÉREAS CENITALES (1946-1999), OBLICUAS (AÑOS 60-1980) Y ORTOFOTOGRAFÍAS (2001-2024) 38
6.4 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA LÍNEA DE COSTA (CEDEX, 1946-1995) 45
6.4.1 EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA 48
6.4.2 EVOLUCIÓN FUTURA 56
6.5 BALANCE SEDIMENTARIO 57
7. EFECTO DE LOS TEMPORALES EN LA SALIDA DEL ESTANQUE DEL REMOLAR 57
8. DINÁMICAS RESULTANTES DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO 59
8.1 ANTECEDENTES 59
8.2 VARIACIÓN DE LA DINÁMICA COSTERA 59
8.3 EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PLAYA DEL REMOLAR 59
8.4 MEDIDAS DE ADAPTACIÓN 60

Índice de Apéndices

Apéndice 1. Resultados del transporte de sedimentos obtenidos mediante el modelo EROS

Apéndice 2: Comparación de fotografías aéreas entre 1947 y 2022

Índice de figuras

Figura 1.- Batimetría de la zona obtenida de las Cartas Náuticas. Fuente: IHM 2

Figura 2.- Batimetría de detalle de la zona de estudio levantada en 04-2022 Arriba: levantamiento completo. Abajo: mitad de poniente, en la que se encuentra la zona objeto de este proyecto. Fuente: Marciglob / DGCyM....2

Figura 3.- Esquema geológico del Baix Llobregat. Fuente: modificado de ALMERA 3

Figura 5.- Información granulométrica de las playas secas del entorno. Fuente: Llibre verd de l'Estat de la zona costanera a Catalunya 6

Figura 6.- Ubicación de las muestras de sedimento tomadas en la unidad morológica. Campaña de 2023. Fuente: Marciglob. 6

Figura 7.- Resumen de los resultados de los análisis granulométricos. Fuente: Marciglob. 6

Figura 8.- Resultados granulométricos por perfiles. Fuente: Marciglob 7

Figura 9.- Resultados granulométricos por profundidades. Fuente: Marciglob 7

Figura 10.- Resumen de los resultados granulométricos por perfiles y profundidades. Fuente: Marciglob 8

Figura 11.- Caracterización natural del tramo de costa en el que se encuentra la zona de proyecto. Fuente: DGSCM 9

Figura 12.- Espacios marinos, LIC y ZEPA en el tramo de costa en el que se encuentra la zona de proyecto. Fuente: Generalitat de Catalunya 9

Figura 13.- Caracterización de los fondos en la unidad fisiográfica en la que se encuentra zona de proyecto. Fuente: elaboración propia 10

Figura 14.- Definición esquemática de la planta de una bahía en equilibrio. Fuente: Hsu y Evans 11

Figura 15.- Valores de los coeficientes C0, C1 y C2 de la formulación parabólica. Fuente: Hsu y Evans 11

Figura 16.- Puntos en los que se ha calculado la dirección del flujo medio de energía. Fuente: Marciglob 12

Figura 17.- Resultados de la dirección del flujo medio de energía. Fuente: Marciglob. 12

Figura 18.- Arriba: Ajuste de la línea de costa del 20 de marzo de 2024 mediante la parábola de Hsu-Evans. Dirección de flujo teórica de 151° N (S29E). Abajo: vista de la playa desde tierra en septiembre de 2024. Fuente: Marciglob 13

Figura 19.- Definición de los parámetros intervinientes en la formulación del perfil de equilibrio con refracción. Fuente: GIOC 15

Figura 20.- Definición de los parámetros intervinientes en la formulación del perfil de equilibrio con refracción. Fuente: GIOC 16

Figura 21.- Perfiles medidos vs perfiles de equilibrio en las playas a poniente y levante de la zona de estudio. Fuente: Marciglob 17

Figura 22.- Figura esquemática que representa la ecuación de conservación de la masa de sedimento. En este caso Q representa el transporte longitudinal y q el transversal. Fuente: US Army Corps of Engineers 18

Figura 23.- Transporte longitudinal obtenido a partir de la evolución de la línea de costa desde 1947. Fuente: Marciglob 19

Figura 24.- Transporte longitudinal obtenido a partir de la evolución de la línea de costa en períodos consecutivos. Fuente: Marciglob. 19

Figura 25.- Ámbitos de lo levantamiento topo-batimétricos realizados en las playas del Prat de Llobregat (imagen superior) y Gavà (imagen inferior). Fuente: IHC/APB 20

Figura 26.- . Relación entre Il y Pl a partir de datos de campo. Fuente: Shore Protection Manual, 1984 21

Figura 27.- Calibración del modelo de Bailard para la definición de Ks, Fuente: Coastal Engineering Manual, 2002 22

Figura 28.- Calibración del modelo de Del Valle para la definición de Krms. Fuente: Coastal Engineering Manual, 2002 22

Figura 29.- Criterios de signo del programa LONGTRANS. Fuente: Marciglob 23

Figura 30.- Transporte longitudinal neto en el tramo de costa en el que se encuentra la desembocadura objeto de este proyecto (que se marca en rojo), tras 20 años de modelización. Fuente: Tecnocean / Ayto. del Prat De Llobregat 24

Figura 31.- Transporte longitudinal neto en la unidad fisiográfica en la que se encuentra la zona de estudio (que se indica con un círculo rojo) según el "Llibre verd de l'estat de la zona costanera a Catalunya"; Izquierda: fórmula de Kamphuis; derecha: fórmula del CERC. Fuente: CIIRC / Generalitat de Catalunya 24

Figura 32.- Transporte longitudinal neto en la playa del Prat de Llobregat obtenido numéricamente. Fuente: Prointec / ATLL 24

Figura 33.- Transporte longitudinal neto en la zona según el documento "Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa". Fuente: Prointec / Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar 24

Figura 34.- Transporte longitudinal neto en la zona. Fuente: IH Cantabria / APB 25

Figura 35.- Comparación de la capacidad de transporte longitudinal neto para diferentes formulaciones. Fuente: Marciglob 25

Figura 36.- Comparación de la capacidad de transporte longitudinal neto obtenido mediante la fórmula de CERC con la K propuesta por Del Valle. Fuente: Marciglob 25

Figura 37.- Comparación de la capacidad de transporte longitudinal neto para diferentes formulaciones y promedios asociados. Fuente: Marciglob 26

Figura 38.- Comparación de los valores del transporte longitudinal obtenidos por diferentes metodologías y fuentes de información. Fuente: Marciglob 26

Figura 40.- Variación interanual de Ql en todos los perfiles (ordenados de arriba abajo y de izquierda a derecha). Fuente: Marciglob 27

Figura 41.- Arriba: patrón con transporte de E a W en todo el tramo de costa (la ubicación de la desembocadura del Remolar se indica en rojo); en medio: patrón con transporte de W a E en todo el tramo de costa; abajo: patrón con transporte longitudinal y transversal (corrientes de retorno). Fuente: Marciglob 29

Figura 42.- Resultados del transporte neto de sedimentos obtenido con el programa EROS. Fuente: elaboración propia.....29

Figura 44.- Comparación de la profundidad activa (línea de color cian discontinua) con el patrón de transporte de sedimentos asociados al oleaje morfológico y al asociado a 12 h/año para las direcciones ESE y SW. Fuente: Marciglob.....31

Figura 45.- Ubicación de la casa de la familia Moragas, construida a principios del S XX. Fuente: Maciglob y Google (2023). 31

Figura 46.- Izquierda: El pantalán de hidroaviones en 1971, demolido en los años 90 del S XX. Derecha: Restos del pantalán, año 2024. Fuentes: SACE (modificada por Marciglob) y Marciglob.....31

Figura 47.- Casa de la familia Moragas Fuente: Marciglob. 32

Figura 48.- Búnquer de la Guerra Civil. Fuente: Marciglob. 32

Figura 49.- Desembocadura del Remolar. Pasarela del embarcadero apoyada sobre pilotes en los años 60 del siglo XX (arriba, en rojo), y sus restos (pilotes) en 2011 (arriba, derecha) y 2023 (abajo). Fuente: Marciglob a partir de material gráfico del ICGC (arriba) y Marciglob (abajo). 32

Figura 50.- Desembocadura del Remolar. Posición del grupo de pilotes marcado con el número 4 en la figura anterior (en rojo, figura superior) en 2024. Fuente: Marciglob. 33

Figura 51.- La zona de proyecto de la desembocadura del estanque del Remolar en 1929. Fuente: ICGC.....34

Figura 52.- La desembocadura del Remolar, la marisma de las Filipinas y en primer plano el campo de aviación de la Volatería (de la empresa "Pujol Comabella i Companyia", que más tarde se llamó "Talleres Hereter), cuyo vuelo inaugural fue en 1916. El aeródromo pasó a manos de la Armada en 1921 y se trasladó a los terrenos del actual aeropuerto en los años 40 del siglo XX. Fuente: Marciglob a partir de material gráfico del Archivo Histórico del Ejército del Aire. 35

Figura 53.- Minuta municipal, posiblemente de los años 20 del siglo XX, con la desembocadura de El Remolar, la marisma de las Filipinas y el campo de aviación de la Volatería que se empezó construir en 1916 El aeródromo se trasladó a los terrenos del actual aeropuerto en los años 40 del siglo XX.. La zona de proyecto de la desembocadura del estanque de la Ricarda en 1929. Fuente: IGN. 36

Figura 54.- Año 1945 (febrero). Imagen de la zona de proyecto y de la actual ubicación de la riera de Sant Climent. Fuente: ICGC y Marciglob..... 37

Figura 55.- Año 1957 (junio). Imagen de la zona de proyecto y de la actual ubicación de la riera de Sant Climent. Fuente: ICGC y Marciglob..... 37

Figura 56.- Año 1977 (agosto). Imagen de la zona de proyecto y de la actual ubicación de la riera de Sant Climent. Fuente: ICGC y Marciglob..... 37

Figura 57.- Año 1999 (julio). Imagen de la zona de proyecto y de la actual ubicación de la riera de Sant Climent. Fuente: ICGC y Marciglob..... 37

Figura 58.- La zona de proyecto y de la actual ubicación de la riera de Sant Climent. Fuente: ICGC y Marciglob. 38

Figura 59.- Vistas aéreas cenitales de los espacios del estanque del Remolar y de la marisma de las Filipinas en 1946, antes de la mayoría modificaciones antrópicas. Fuente: ICGC. 38

Figura 60.- Vistas aéreas cenitales de los espacios del estanque del Remolar (ya con modificaciones antrópicas), y detalle de la desembocadura del estanque del Remolar ya con escollera . Fuente: Diputación de Barcelona e ICGC. 39

Figura 61.- Vistas aéreas de los espacios del estanque del Remolar y de la marisma de las Filipinas posiblemente en los años 60 del S XX, con el camping "Toro Bravo" en funcionamiento. En las imágenes se puede apreciar la existencia de una dársena dragada y operativs y varias pequeñas dársenas, una de ellas de forma elíptica y con embarcaciones. Fuente: Postales del Camping "Toro Bravo". 39

Figura 62.- Vistas aéreas cenitales de los espacios del estanque del Remolar y de la marisma de las Filipinas, en la que se ya se aprecian grandes modificaciones antrópicas (ampliación de cauces, urbanización de los terrenos junto a esta, tres pequeñas "dársenas", y un espigón en la zona de la actual desembocadura de la riera de Sant Climent. Fuente: SACE e ICGC. 40

Figura 63.- Vistas aéreas cenitales de los espacios del estanque del Remolar y de la marisma de las Filipinas, en la que se pueden apreciarlas modificaciones de los canales (arriba) y la protección de escollera de la salida del estanque del Remolar, de forma cónica o embudo y que en su tramo final es perpendicular a la línea de costa. Fuente: ICGC. 40

Figura 64.- Vistas aéreas cenitales de los espacios del estanque del Remolar y de la marisma de las Filipinas. Se aprecia la presencia de la dársena de planta elíptica, así como la protección de escollera de la salida del estanque del Remolar con forma de cono y que en su último tramo es rectilínea y aproximadamente perpendicular a la línea de costa. Fuente: SACE e ICGC. 41

Figura 65.- Vista aéreas oblicua de la desembocadura del estanque del Remolar, todavía con el pantalán del hidroaviones. Fuente: SACE e ICGC. 41

Figura 66.- Vistas aéreas cenitales de los espacios del estanque del Remolar y de la marisma de las Filipinas. Puede apreciarse que la dársena que alojaba embarcaciones ya está tapada, que las desembocaduras de la riera de Sant Climent y del estanque del Remolar aún conservan la configuración de los años 70 y que aún está presente parte del pantalán de hidroaviones. Fuente: ICGC. 41

Figura 67.- Vista aérea de los espacios del estanque del Remolar y de la marisma de las Filipinas, ya con su configuración actual. Fuente: ICGC. 42

Figura 68.- Salida del Estanque del Remolar y al NE de la salida la playa homónima, también llamada "de los militares". Líneas de costa entre los años 2001 y 2024. Fuente: Elaborado por Marciglob a partir de imágenes de Google Earth. 43

Figura 70.- Características de las aportaciones realizadas por la APB entre 2007 y 2014 en la unidad fisiográfica en la que se encuentra la zona de proyecto (fecha, zona de vertido, volumen y tamaño medio de la arena). Fuente: Marciglob 46

Figura 71.- Características de las aportaciones realizadas por la APB entre 2015 y 2022 (fecha, zona de vertido, volumen y tamaño medio de la arena). Fuente: Marciglob 47

Figura 72.- Resumen con las ubicaciones de las aportaciones realizadas por la APB entre 2007 y 2022. Fuente: Marciglob 48

Figura 73.- Avances y retrocesos de las líneas xe csta respecto a 1947 (imagen superior) y respecto a la línea de csta anterior (imagen inferior). Fuente: Marciglob a partir de información del CEDEX 48

Figura 74.- Evolución histórica de la línea de costa en la unidad morfológica en la que se encuentra la zona de proyecto entre 1947 y 1995. Fuente: CEDEX 50

Figura 75.- Avances y retrocesos medios anuales de las líneas de costa respecto a 1947 (imagen superior) y respecto a la línea de costa anterior (imagen inferior). Fuente: Marciglob a partir de información del CEDEX 51

Figura 76.- Evolución histórica de la línea de costa entre 1995 y 2004. Fuente: CIIRC / Generalitat de Catalunya 52

Figura 77.- Tasas de evolución histórica de la línea de costa en m/año. Fuente: CIIRC / Generalitat de Catalunya 53

Figura 78.- Evolución de la línea de costa en las playas de los TM del Prat de Llobregat (mitad E y W), Viladecans (mitad E y W), Gavà (mitad E y W), Castelledefels y Sitges (Les Botigues). Fuente: Marciglob a partir de información del AMB 54

Figura 79.- Evolución de la línea de costa promedio por municipios en las playas de la mitad E de la zona de estudio (El Prat, Viladecans y Gavà este) y en la mitad W (Gavà oeste, Castelldefels y Les Botigues). Fuente: Marciglob a partir de información del AMB 55

Figura 80.- Perfil obtenido tras la aportación de arena con un tamaño mayor a la nativa (imagen superior) o con un tamaño inferior (imagen inferior). Fuente: GIOC / DGC 56

Figura 81.- Temporal de enero de 2017, situación actual (izquierda) v.s. situación tras el temporal (derecha). Fuente: ICGC. 57

Figura 82.- Temporal de diciembre de 2019, situación actual (izquierda) v.s. situación tras el temporal (derecha). Fuente: ICGC. 57

Figura 83.- Temporal de abril de 2019, situación actual (izquierda) v.s. situación tras el temporal (derecha). Fuente: ICGC. 58

Figura 84.- Temporal de marzo de 2022, situación actual (izquierda) v.s. situación tras el temporal (derecha). Fuente: ICGC. 58

Figura 85.- Temporal de marzo de 2024, situación actual (izquierda) v.s. situación tras el temporal (derecha). Fuente: ICGC. 58

Índice de tablas

Tabla 1.- Arriba: tamaño medio D50 en todas las muestras, promedios por perfiles y promedio total; en medio: tamaños D16, D50 y D84 por perfiles y promedio total; abajo: tamaños D16, D50 y D84 por profundidades y promedio total. Fuente: Marciglob 8

Tabla 2.- Profundidades activa y de cierre en los perfiles considerados. Fuente: Marciglob 14

Tabla 3.- Perfiles teóricos que mejor ajustan. Fuente: Marciglob 17

Tabla 4.- Características de las aportaciones realizadas por la APB entre 2007 y 2022. Fuente: Marciglob 48

1. CONTENIDO DEL ESTUDIO

De acuerdo con el artículo 91 del Reglamento General de Costas, aprobado por Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, cuando un proyecto contenga la previsión de actuaciones en el mar o en la zona marítimo-terrestre, deberá comprender un Estudio básico de Dinámica Litoral (en adelante EBDL) referido a la unidad fisiográfica costera correspondiente (en al que se encuentra la salida del estanque del Remolar) y de los efectos de las actuaciones previstas, que se acompañará como anejo a la Memoria del Proyecto, y que comprenderá los siguientes aspectos (de acuerdo al artículo 93 de dicho Reglamento):

- Clima marítimo, incluyendo estadísticas de oleaje y temporales direccionales y escalares.
- Batimetría hasta zonas del fondo que no resulten modificadas, Naturaleza geológica de los fondos y Condiciones de la biosfera submarina y efectos sobre la misma de las actuaciones previstas en la forma que señala el artículo 88 e) de este reglamento (es decir, la determinación de la posible afección a espacios de la Red Natura 2000 o cualesquiera otros dotados de figuras de protección ambiental).
- Formas de equilibrio, en planta y perfil, del tramo de costas afectado.
- Estudio de la capacidad de transporte litoral.
- Balance sedimentario y evolución de la línea de costa, tanto anterior como previsible.
- Recursos disponibles de áridos y canteras y su idoneidad, previsión de dragados o trasvases de arenas.
- Dinámicas resultantes de los efectos del cambio climático
- Propuesta para la minimización de la incidencia de las obras y medidas correctoras y compensatorias.
- Plan de seguimiento de las actuaciones previstas.

En los siguientes apartados se desarrollan los puntos anteriores salvo el estudio del Clima, que se desarrolla en el Anejo 2 de este proyecto.

Cabe comentar que, teniendo en cuenta que el Estudio de Dinámica Litoral debe hacer referencia a toda la unidad fisiográfica (que va desde el río Llobregat hasta Port Ginesta), algunos de los datos y resultados se han extraído del Estudio de Dinámica Litoral realizado por Marciglob Consultancy Solutions para el "Proyecto de estabilización de las playas situadas al sur del Delta del Llobregat" encargado por la Dirección General de la Costa y el Mar (DGCyM).

2. CLIMA MARÍTIMO

El Anejo nº 2 del proyecto incluye el estudio de Clima marítimo.

3. BATIMETRÍA, NATURALEZA GEOLÓGICA DE LOS FONDOS Y CONDICIONES DE LA BIOSFERA SUBMARINA

3.1 BATIMETRÍA

La información batimétrica empleada ha sido obtenida por un lado de las Cartas Náuticas del Instituto Hidrográfico de la Marina (ver Figura 1.-) y por otro lado del levantamiento topo-batimétrico realizado en agosto de 2023 (ver Figura 2.-) por encargo de Marciglob para un proyecto de la DGCyM.

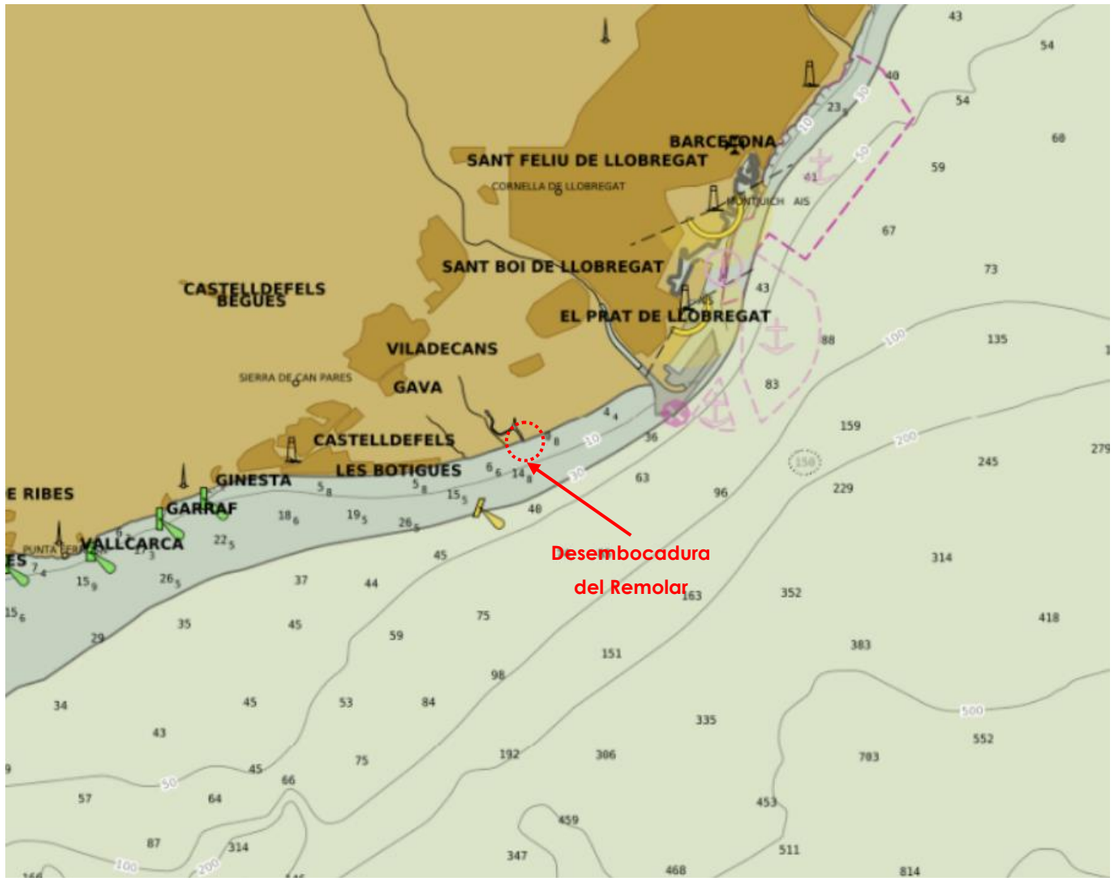


Figura 1.- Batimetría de la zona obtenida de las Cartas Náuticas. Fuente: IHM

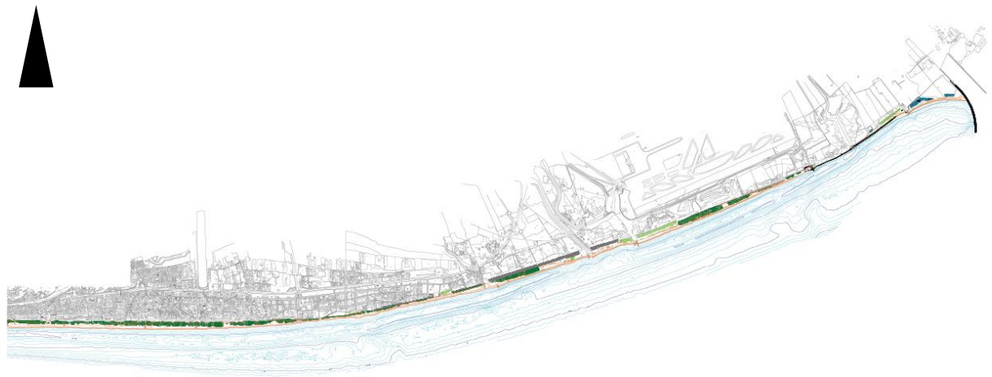


Figura 2.- Batimetría de detalle de la zona de estudio levantada en 04-2022 Arriba: levantamiento completo. Abajo: mitad de poniente, en la que se encuentra la zona objeto de este proyecto. Fuente: Marciglob / DGCyM

3.2 NATURALEZA GEOLÓGICA DE LOS FONDOS

3.2.1 GEOLOGÍA

3.2.1.1 Marco geológico general

El delta del Llobregat se desarrolla al pie de la vertiente mediterránea de la Cordillera Litoral Catalana, que forma parte de conjunto de orientación NE – SW conocido por el nombre de Catalánides. Este conjunto está constituido por grandes unidades morfoestructurales: la Cordillera Prelitoral y la Cordillera Litoral.

La Cordillera Litoral está atravesada por el río Llobregat (ver Figura 3.-) y se distinguen en ella dos sectores muy diferentes, separados por la falla de desplazamiento horizontal que coincide con el valle del río Llobregat. La unidad más septentrional corresponde a la Sierra de Collserola, que en parte más meridional comprende los materiales paleozoicos de Santa Creu d'Olordà. La unidad al SW del valle del Llobregat está formada por el macizo de Garraf, donde el Paleozoico desaparece suavemente bajo los materiales mesozoicos. El valle del río Llobregat, que atraviesa la Cordillera Prelitoral y la Cordillera Litoral, forma un largo y estrecho pasillo de origen tectónico relleno por sedimentos pliocenos y cuaternarios.

Paralelamente a la alineación montañosa de la Sierra de Collserola y separado de ella por una depresión, se sitúa el montículo llamado Montjuic, que está formado por sedimentos miocénicos. Este montículo constituye el límite NE del delta del Llobregat y lo separa del delta del Besòs.

La depresión intermedia entre Montjuic y la Sierra de Collserola es llamada el Llano de Barcelona, y está cubierta de materiales cuaternarios, que en la zona de la Sierra de Collserola se apoyan directamente sobre el granito y las pizarras paleozoicas, y en el resto del Llano sobre materiales terciarios.

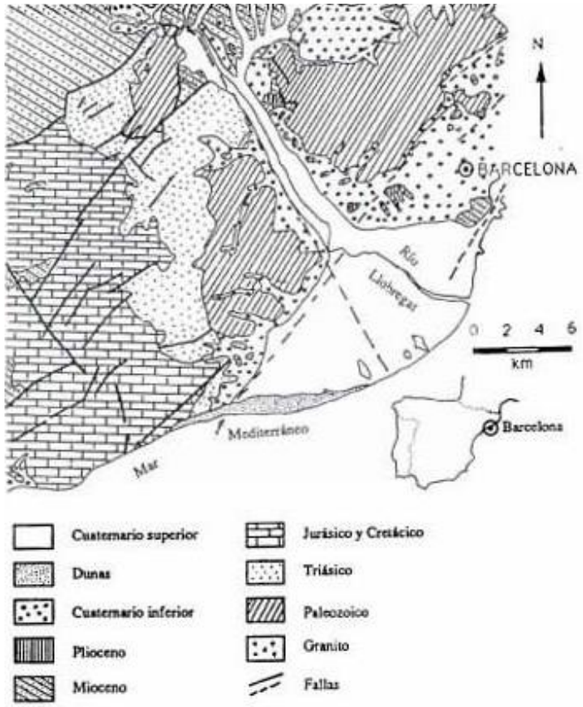


Figura 3.- Esquema geológico del Baix Llobregat. Fuente: modificado de ALMERA

La zona de estudio se halla emplazada, desde el punto de vista geológico, sobre los depósitos cuaternarios de origen deltaico formados en la desembocadura del río Llobregat, que, tras atravesar la cordillera Costero-Catalana, entra en la depresión litoral o plataforma costera.

Descansan estos depósitos deltaicos –con un espesor estimado del orden de 75 a 100 m– sobre un basamento pliocénico, y en ellos aparecen materiales correspondientes a muy variados ambientes sedimentarios (característica común de los depósitos de delta): de tipo fluvial (arenas y gravas bien rodadas), materiales de terrazas fluviales antiguas enterradas por los aluviones más modernos, sedimentos de influencia litoral y materiales depositados en zonas pantanosas: limos y arcillas con proporción variable de materia orgánica.

La sucesión estratigráfica tipo para el delta, de techo a muro, sería en este caso la siguiente:

- *Arcillas rojizas superiores.* Su espesor cerca del río es de 6 m., disminuyendo hacia los bordes y hacia la costa, donde llegan a desaparecer sustituidas por las arenas dunares.
- *Arenas superiores.* Nivel muy constante cuyo espesor oscila entre 12 y 20 m. En el centro del delta dominan las arenas finas con alguna intercalación limosa y, en los bordes, las arenas gruesas, a veces con intercalaciones de gravillas.
- *Arcillas y limos orgánicos.* Alcanza su máxima potencia en el centro del delta, junto a la costa (45 m.), y desaparecen en los bordes cambiando lateralmente a arenas de playa o a gravas en la desembocadura del río.
- *Arenas inferiores.* Nivel de base del delta formado por arenas gruesas gravillas. Abundan extraordinariamente los fósiles marinos, lo que permite separarlo de las gravas fluviales inferiores. Su espesor es muy variable, oscilando desde los 30 cm hasta 10 m en los bordes, donde se confunde con las capas superiores de arena. La disposición de estos niveles es subhorizontal, acuñándose en dirección oeste el nivel intermedio correspondiente a los materiales detríticos de menor tamaño de grano (arcillas y limos orgánicos).

Por lo que respecta a la geología del delta sumergido actual, Serra y Verdaguer (1983), utilizando datos de sísmica marina y de dragas submarinas, distinguieron 4 unidades litológicas frente a las costas del delta (ver Figura 4.-):

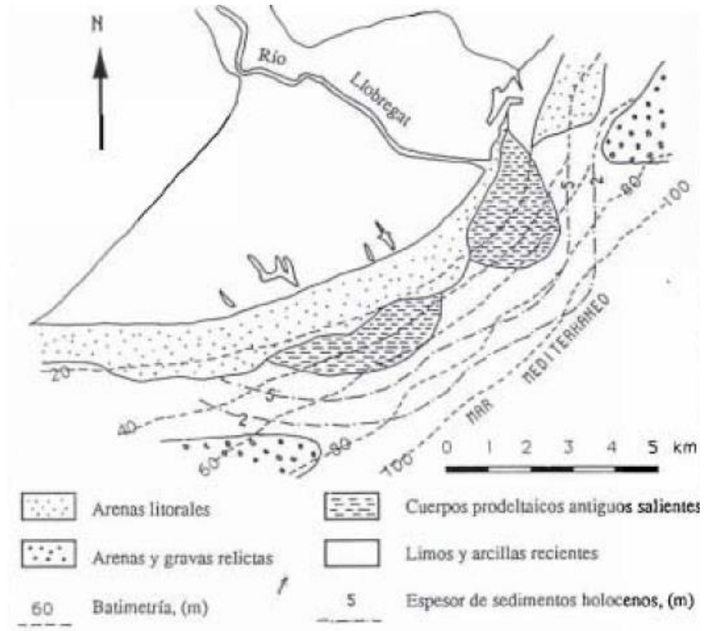


Figura 4.- Geología de la zona marina del complejo deltaico. Fuente: modificado de Serra y Verdaguer

1. Arenas litorales: Son arenas medias, bien clasificadas. Se encuentran hasta una profundidad de 30 m. Su espesor suele ser inferior a 5 m. Forman el frente deltaico actual.

2. Fangos prodeltaicos: Sedimentos limosos que se encuentran con laminación fina o muy bioturbados, contienen restos vegetales e hidrocarburos. Se disponen entre 20 y 100 m de profundidad. Forman el prodelta actual.

3. Arenas y gravas relictas: Sedimentos detríticos gruesos, que afloran a unos 2 km frente la línea de costa actual, a una profundidad comprendida entre 40 y 80 m. Parecen corresponder al afloramiento submarino del nivel de gravas y arenas fluvial detectado en tierra. Pueden estar cubiertas por un delgado nivel de sedimentos finos.

4. Unidades lutíticas inferiores: Sedimentos similares a los del prodelta holoceno.

3.2.1.2 Unidades geológicas

De más a menos antiguas se encuentran las siguientes unidades geológicas:

- **Paleozoico**

  En la zona próxima a la parte baja del Valle y al Delta del Llobregat, los afloramientos paleozoicos se reparten en dos áreas; una situada al este del río Llobregat, donde forma el macizo de la Sierra de Collserola, y la otra se sitúa al oeste del mismo río, en el borde oriental del macizo del Garraf, hundiéndose hacia W bajo materiales mesozoicos. Los materiales silúricos han sido cortados por varios sondeos en el Valle del Llobregat, bajo los aluviales cuaternarios (ver Figura 3.-). El paleozoico en esta zona, abarca desde el Ordovícico hasta el Carbonífero inferior, y está constituido por los siguientes materiales (Solé Sabaris et al. , 1957)

  - *Ordovícico:* Pizarras micacíticas y pizarras arenosas con bancos poco potentes de cuarcitas e hiladas de rocas carbonatadas.
  - *Silúrico:* Filitas, pizarras sericíticas, alternando con bancos de cuarcita.
  - *Silúrico superior- Devónico inferior:* Calizas masivas y calcoesquistos.
  - *Carbonífero:* Liditas, pizarras arenosas y grauwackas.

- **Mesozoico**

  - *Triásico:* aflora formando una banda continua que constituye el reborde occidental del macizo del Garraf. Como en el resto de los Catalánides consta de tres pisos del Trías de facies germánica.

    - *Buntsandstein:* Conglomerados, areniscas y argilitas de color rojizo.
    - *Muschelbalk inferior:* Dolomías y calizas.
      Muschelkalk medio: Areniscas y arcillas rojas.
      Muschekalk superior: Calizas, dolomías y calizas margosas.
    - *Keuper:* Calizas, dolomías y calizas margosas.

    Materiales del Triásico han sido cortados por sondeos bajo los aluviales cuaternarios (ver Figura 3.-).

  - *Jurásico y Cretácico:* Sobre las margas abigarradas del Keuper, se desarrolla una potente serie calcáreo-dolomítica, que constituye el macizo del Garraf. En líneas generales se distinguen varios niveles dentro de estos complejos.

    - *Lias:* Brechas angulosas, con capas dolomíticas.
    - *Dogger y Malm:* Dolomías negras, fétidas.
    - *Valangininiense-Hauteriviense:* Calizas grises con intercalaciones dolomíticas.
    - *Barremiense:* Calizas compactas grises.
    - *Aptiense-Albiense:* Margas con intercalaciones de niveles calcáreos.

    Los materiales cretácicos se disponen bajo el cuaternario en la zona de Castelldefels (ver Figura 3.-).

- **Cenozoico**

  - *Mioceno.* Los materiales miocenos se localizan tanto en la Depresión Prelitoral como en la plataforma costera. En la Depresión Prelitoral como en la plataforma costera. En la Depresión Prelitoral forman fundamentalmente arcillosa, que llega a alcanzar una potencia superior a 2200 m en el centro de la fosa tectónica del Vallés-Penedés. En la plataforma costera, el Mioceno forma el pequeño promontorio de Montjuic, constituido por conglomerados y areniscas de cemento silíceo, con intercalaciones de margas, margas arenosas y arenas sueltas, y algunas manifestaciones hidrotermales antiguas. Los materiales miocenos son cortados por algunos sondeos en la margen derecha del delta del Llobregat (ver Figura 3.-) en el llano de Barcelona.
  - *Plioceno:* tiene pequeños afloramientos a lo largo de la parte baja del Valle del Llobregat, entre Esplugues y Castellbisbal, también ha sido cortado por sondeos en el valle y en el delta del Llobregat. Se distinguen varias facies en el Plioceno.

    - *Conglomerados con matriz arenosa:* esta facies aflora en la base y en la parte alta de los depósitos, y solamente en los bordes de la cuenca de sedimentación. Valenciano (1967) los relaciona con la ría pliocena del Bajo Llobregat y llama a esta formación Gravas de Castellbisbal. Las distingue de los materiales de la terraza alta del río Llobregat situados a igual topografía, por la diferente composición y los índices de aplanamiento.
    - *Arcillas azuladas:* denominadas en el país "fetge de vaca". Son arcillas muy homogéneas con pequeñas intercalaciones de arenas muy finas oscuras. Su espesor es muy variable. En MOP (1966) se cita que han sido atravesados 70 m en Molins de Rei, 152 m en Sant Feliu de Llobregat; en Cornellà, la SGAB realizó un sondeo de más de 200 m sin salir de las arcillas y en el Prat de Llobregat se efectuó un sondeo de 600 m sin alcanzar el Paleozoico.
    - *Arenas y arcillas arenosas de color amarillento:* arenas de grano medio con débiles intercalaciones de margas azules, presentando estratificación oblicua o con gran escala. Se reconoce en diversos afloramientos en ambos márgenes de la parte baja del Valle del Llobregat.

  - *Cuaternario.* El afloramiento cuaternario comprende esta zona la gran planicie litoral (delta del Llobregat, llano de Barcelona y el delta del Besòs) y las riberas de los cursos bajos de los ríos Llobregat y Besòs. El cuaternario tiene una gran variedad de depósitos: marinos, eólicos, torrenciales, fluviales, etc., clasificados de la siguiente forma: (Solé Sabaris, 1963).

- *Terrazas fluviales:* Se distinguen cuatro terrazas fluviales, correspondientes a las distintas épocas de glaciación. Están situadas a diferentes alturas, tanto sobre como por debajo del curso actual del río Llobregat. La litología es de gravas y cantos muy bien redondeados, en general bastante uniformes; En su disposición se encuentran la mayoría de las rocas que afloran en la cuenca fluvial.
- *Depósitos torrenciales y de piedemonte:* Fragmentos muy heterométricos de origen local, mezclados con arcillas rojas. A medida que los materiales se encuentran a mayor distancia de las montañas se observan cambios laterales de facies, y se pasa de materiales gruesos a sólo matriz arcillosa.
- *Depósitos eólicos:* Construidos por dos tipos de depósitos:
  - Dunas de poca altura, que se extienden desde la desembocadura del río Llobregat hasta Castelldefels, en una franja paralela a la costa.
  - Loess antiguos, constituidos por limos amarillentos bien consolidados, que recubren las terrazas antiguas, y en parte el zócalo precuaternario. Se observan hasta tres ciclos de loess (MOP, 1966).
- *Depósitos deltaicos:* Están constituidos por una serie depósitos fluviales, deltaicos y marinos de gran complejidad, debido en parte a los cambios laterales de facies que se producen en los ambientes deltaicos.

3.2.1.3 Unidades tectónicas

Se distinguen tres unidades morfotectónicas:

- Parte del macizo herciniano de los Catalánides, que forma la sierra de Collserola.
- El macizo de Garraf, que se extiende al oeste del río Llobregat, constituido por una orla paleozoica, que forma su basamiento, un reborde triásico, y una gran masa calco-dolomítica jurásica y cretácica. Este macizo buza suavemente hacia el W.
- La depresión del Vallés-Penedés, fosa tectónica de edad alpídica, rellena de sedimentos miocénicos.

Entre el zócalo paleozoico de los Catalánides y la cobertura mesozoica se encuentra la discordancia pretriásica. Este zócalo fue fuertemente plegado durante la orogenia hercínica, que en su fase principal dio origen a una esquistosidad de flujo. Los materiales metamórficos de este sector de los de los Catalánides se asocian a la facies de esquistos verdes. El último episodio de la tectónica hercínica está representando por la intrusión de una masa de granodiorita, que aflora al pie del Tibidabo. Esta intrusión aparece acompañada de una aureola de metamorfismo de contacto.

En la cobertura mesozoica que forma el macizo de Garraf, se distinguen además de la discordancia pre-triásica, otras dos menos acusadas. Una en la base del Jurásico, y otra en el Cretácico. Esta cobertura mesozoica está afectada en toda su extensión por pliegues de gran radio de curvatura, y cruzado por una densa red de fracturas de dirección variable. En la red de fracturas, que a veces afecta al zócalo, destacan las de dirección NE-NW, hay otra familia de dirección NW-SE, y una tercera N-S.

A este sistema corresponde la falla se desgarre del Valle Bajo del Llobregat (NW-SW), y las que limitan la Cordillera Litoral con el delta por ambos flancos (NE-SW)

3.2.1.4 Historia geológica y evolución paleogeográfica del delta del Llobregat

El conjunto de los materiales cuaternarios que integran las terrazas del valle, y los materiales del delta, han sido transportados por el río Llobregat y depositados en distintos ambientes que van del fluvial marino. Estos materiales se han depositado sobre una superficie de erosión desarrollada preferentemente sobre materiales miocenos.

La superficie de erosión se forma a causa de un descenso del nivel del mar ocurrido durante la glaciación Würn. El descenso máximo fue de 130 a 150 m y ocurrió hace unos 150.000 años (Rice, 1983). El posterior ascenso del nivel del mar, y la acumulación de los sedimentos transportados por el río Llobregat, ha permitido la edificación del delta.

El desarrollo de la actual llanura deltaica es muy reciente. En el año 500 a.C., se cita la existencia de un puerto al SW de Montjuic al abrigo de una flecha iniciada en el siglo VII a. de C. (Garau, 1983). En la época romana (100 a. de C) ya no se cita éste puerto, seguramente relleno por un crecimiento de la flecha. En el año 500 d. de C. la línea de costa estaba unos 2 km. tierra adentro de la costa actual, y hacia el año 1500 d. de C. la línea de costa era parecida a la actual, a excepción de la zona de la desembocadura del río Llobregat que ha crecido posteriormente.

3.2.2 SEDIMENTOLOGÍA LOCAL

La información sobre la sedimentología local se ha obtenido de 4 fuentes:

- *"Llibre verd de l'Estat de la zona costanera a Catalunya"* (2008) redactado por el CIIRC de la UPC por encargo de la Generalitat de Catalunya. Cabe destacar que estas muestras se tomaron antes que la APB iniciara sus aportaciones periódicas de arena, por lo que representa adecuadamente la
- Trabajos de campo realizados por encargo de Marciglob Consultancy Solutions (2023) para un proyecto de la DGCyM.

3.2.2.1 Información existente

La Figura 5.- muestra los tamaños medios de arena en las playas secas de la unidad fisiográfica más cercanas a la zona de estudio de entre las incluidas en el *Llibre verd*. Puede apreciarse que el valor D_{50} en la playa seca se sitúa entre 0,35 mm y 0,20 mm, con un valor medio de D_{50} = 0,281 mm y una desviación estándar media σ = 0,121 mm, si bien se trata de playas relativamente alejadas de la zona objeto de este proyecto.

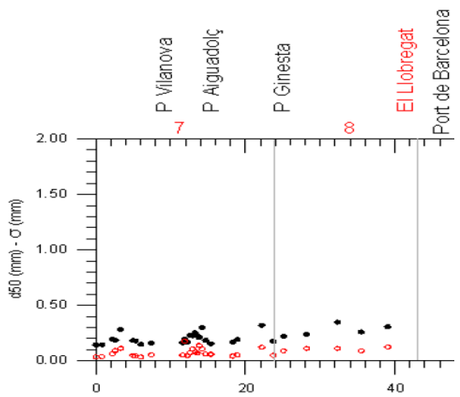


Figura 5.- Información granulométrica de las playas secas del entorno. Fuente: *Llibre verd de l'Estat de la zona costanera a Catalunya*

Para la completa caracterización de las playas del delta, en marzo de 2023 se tomaron una serie de muestras para efectuar análisis granulométricos: 4 muestras (a la cotas +1, +0, -2 y -5) en un total de 10 perfiles, tal como se muestra en la Figura 6.-

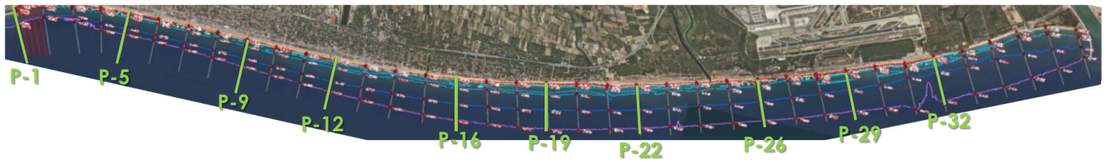


Figura 6.- Ubicación de las muestras de sedimento tomadas en la unidad morológica. Campaña de 2023. Fuente: Marciglob.

En la Figura 8.- y la Figura 9.- se presenta los resultados granulométricos de cada una de las muestras: en el primer caso agrupadas en cada uno de los 10 perfiles (así como sus promedios) y en el segundo caso agrupadas según profundidades (así como sus promedios).

Puede apreciarse que en los diferentes perfiles (Figura 8.-) los resultados presentan bastante homogeneidad, siendo la mayor diferencia la dispersión o variabilidad en función de la profundidad (las curvas granulométricas de las muestras tomadas a diferentes profundidades están más o menos próximas), siendo el P32 el que presenta una mayor dispersión y los perfiles P22 y P29 los de menor dispersión.

Los resultados por profundidades (ver Figura 9.-) presentan gran homogeneidad en las muestras a profundidades de -2 y -5 m, para las cuales en todos los perfiles las curvas granulométricas están muy próximas a la del promedio y corresponden a arenas finas (AF con 0,125 mm < D_{50} < 0,25 mm), produciéndose una mayor dispersión en las muestras tomadas en las cotas +1 y +0, donde predominan arenas medias (AM con 0,25 mm < D_{50} < 0,5 mm) si bien también hay arenas gruesas (AG con 0,5 mm < D_{50} < 1 mm).

Finalmente, en la Figura 10.- se presentan los promedios de los resultados granulométricos por perfiles (gráfica superior) y por profundidades (gráfica inferior), así como el promedio de todas las muestras (línea más gruesa). Puede comprobarse la citada homogeneidad de resultados en los 10 perfiles y la gran diferencia transversal entre las muestras de playa seca/orilla y de playa sumergida, como suele ser habitual.

En la Tabla 1.- se muestra el tamaño o diámetro medio D_{50} (el tamaño que es superado por un 50% de la muestra) de todas las muestras tomadas, así como de la mezcla promedio por perfiles y por profundidades, pudiéndose apreciar que la muestra mezcla total corresponde arena media AM con **D_{50} = 0,272 m.** Estos resultados resumen de la campaña se muestran gráficamente en la Figura 7.- .Se concluye por tanto una cierta homogeneidad de las muestras tomadas longitudinalmente, que da lugar a un tamaño medio D_{50} = 0,272 mm, correspondiente a una arena media, AM (se recuerda que el límite entre arenas medias y finas está en D_{50} = 0,25 mm), si bien en la zona central de la playa se aprecian los tamaños menores de arena.

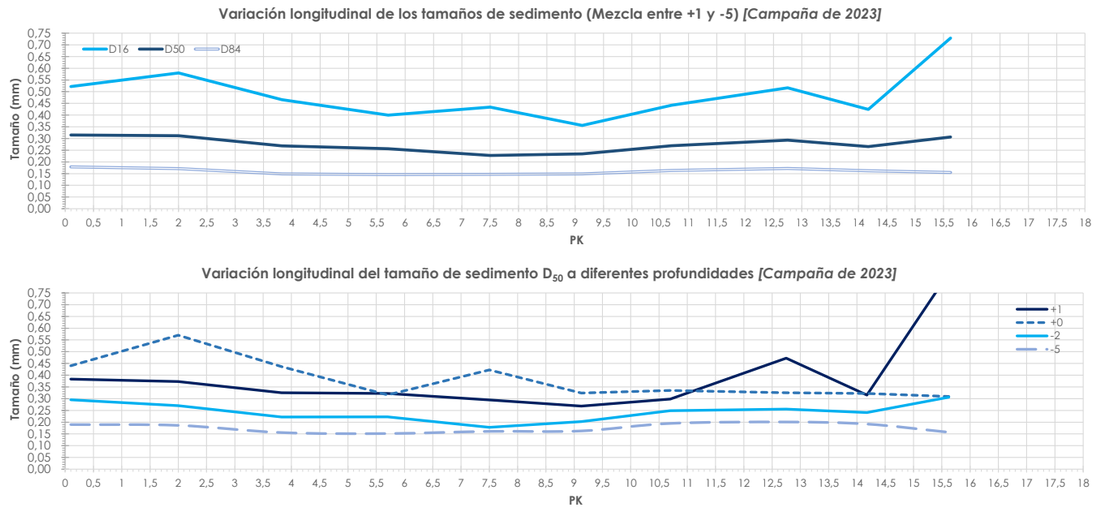


Figura 7.- Resumen de los resultados de los análisis granulométricos. Fuente: Marciglob.

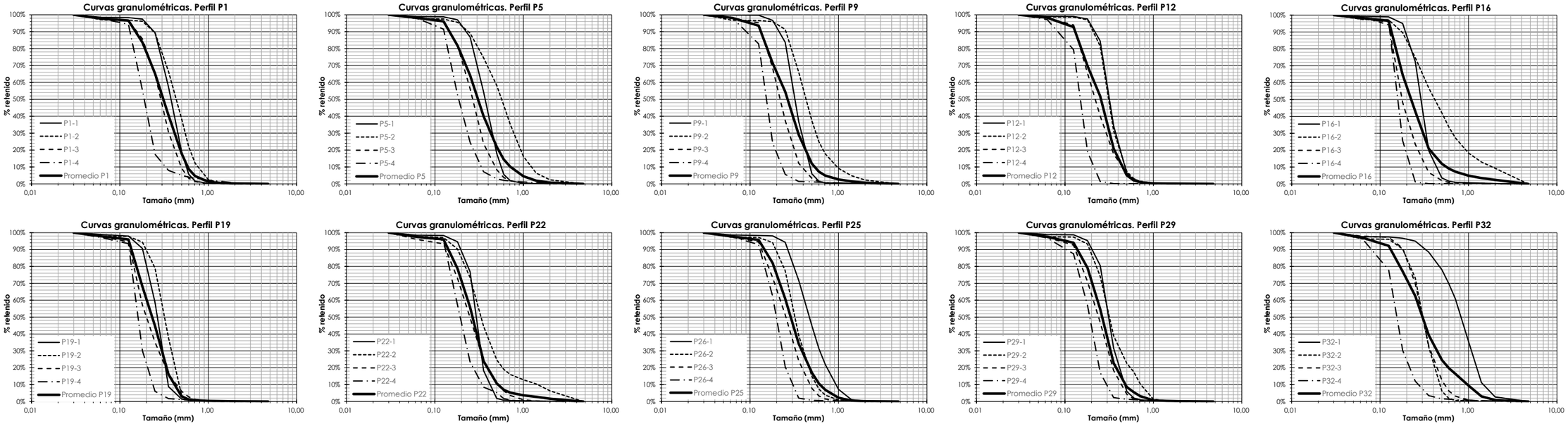


Figura 8.- Resultados granulométricos por perfiles. Fuente: Marciglob

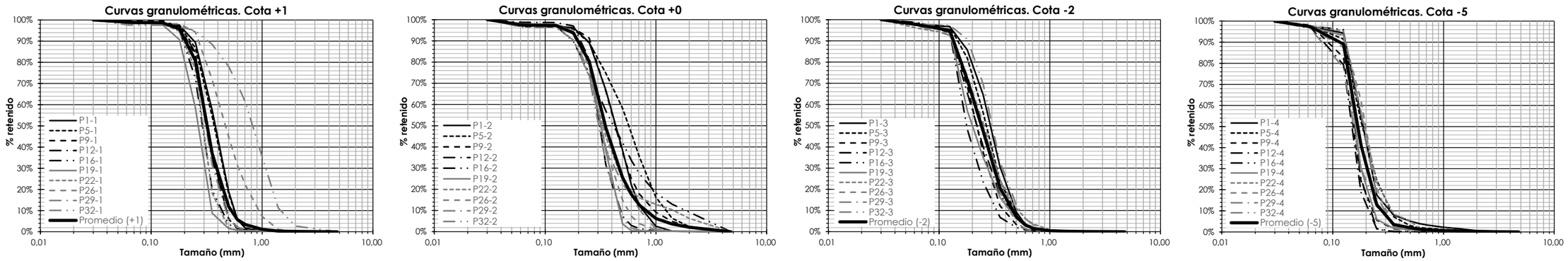
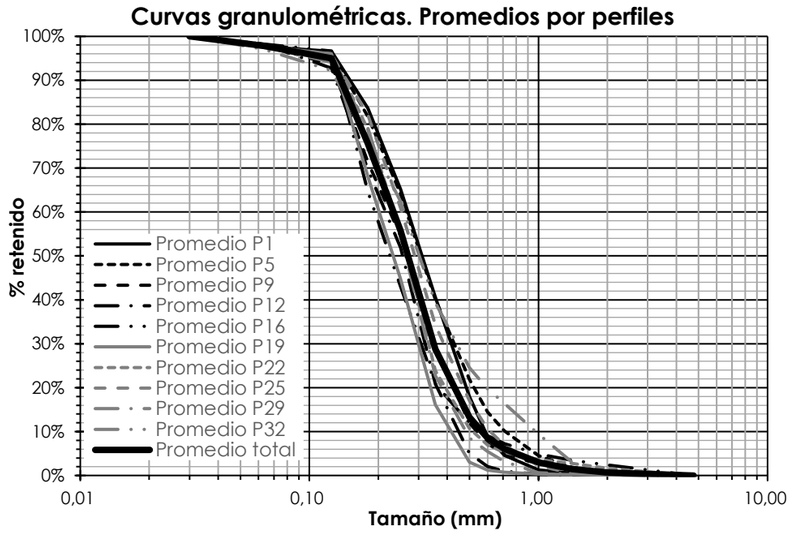


Figura 9.- Resultados granulométricos por profundidades. Fuente: Marciglob



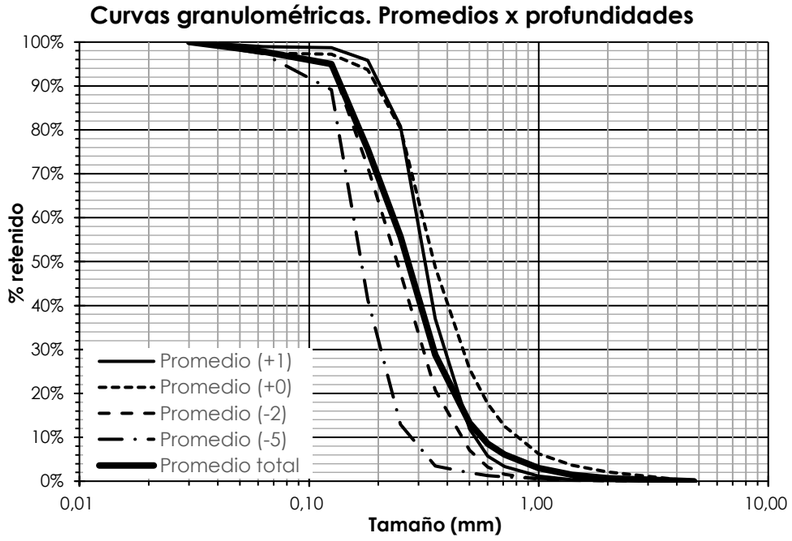


Figura 10.- Resumen de los resultados granulométricos por perfiles y profundidades. Fuente: Marciglob

Tabla 1.- Arriba: tamaño medio D_{50} en todas las muestras, promedios por perfiles y promedio total; en medio: tamaños D_{16}, D_{50} y D_{84} por perfiles y promedio total; abajo: tamaños D_{16}, D_{50} y D_{84} por profundidades y promedio total. Fuente: Marciglob

D_{50} (mm)	Perfil P1	Perfil P5	Perfil P9	Perfil P12	Perfil P16	Perfil P19	Perfil P22	Perfil P26	Perfil P29	Perfil P32	***Promedio***
+1	0,383 mm	0,373 mm	0,325 mm	0,322 mm	0,295 mm	0,268 mm	0,298 mm	0,472 mm	0,316 mm	0,835 mm	*0,324 mm*
+0	0,440 mm	0,570 mm	0,436 mm	0,316 mm	0,422 mm	0,324 mm	0,335 mm	0,325 mm	0,322 mm	0,309 mm	*0,351 mm*
-2	0,295 mm	0,270 mm	0,222 mm	0,223 mm	0,178 mm	0,203 mm	0,249 mm	0,255 mm	0,241 mm	0,306 mm	*0,243 mm*
-5	0,190 mm	0,186 mm	0,156 mm	0,152 mm	0,161 mm	0,163 mm	0,195 mm	0,201 mm	0,192 mm	0,157 mm	*0,170 mm*
Promedio	**0,315 mm**	**0,312 mm**	**0,269 mm**	**0,256 mm**	**0,227 mm**	**0,234 mm**	**0,269 mm**	**0,293 mm**	**0,265 mm**	**0,307 mm**	***0,272 mm***

	Promedio del Perfil P1	Promedio del Perfil P5	Promedio del Perfil P9	Promedio del Perfil P12	Promedio del Perfil P16	Promedio del Perfil P19	Promedio del Perfil P22	Promedio del Perfil P26	Promedio del Perfil P29	Promedio del Perfil P32	**Promedio**
D_{16}	0,522 mm	0,580 mm	0,466 mm	0,400 mm	0,434 mm	0,356 mm	0,442 mm	0,517 mm	0,424 mm	0,729 mm	**0,475 mm**
D_{50}	0,315 mm	0,312 mm	0,269 mm	0,256 mm	0,227 mm	0,234 mm	0,269 mm	0,293 mm	0,265 mm	0,307 mm	**0,272 mm**
D_{84}	0,178 mm	0,171 mm	0,149 mm	0,146 mm	0,147 mm	0,149 mm	0,163 mm	0,172 mm	0,162 mm	0,155 mm	**0,156 mm**
	AM	AM	AM	AM	AF	AF	AM	AM	AM	AM	**AM**

	Promedio profundid. +1	Promedio profundid. +0	Promedio profundid. -1	Promedio profundid. -5	**Promedio todas las muestras**
D_{16}	0,476 mm	0,635 mm	0,405 mm	0,242 mm	**0,475 mm**
D_{50}	0,324 mm	0,351 mm	0,243 mm	0,170 mm	**0,272 mm**
D_{84}	0,235 mm	0,231 mm	0,151 mm	0,131 mm	**0,156 mm**
	AM	AM	AF	AF	**AM**

3.3 CONDICIONES DE LA BIOSFERA MARINA

En el documento "Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa. Lote nº 1. Demarcación Hidrográfica de Cataluña" redactado por encargo de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCM) se incluía la recopilación del estado de diferentes componentes de la costa, entre ellas la denominada componente natural (espacios protegidos, hábitats de interés, etc.). La Figura 11.- muestra el resumen del estado natural del tramo costero más próximo a la zona de estudio. Cabe destacar los siguientes elementos:

- Aparente ausencia de fanerógamas marinas frente a la zona de actuación.
- Presencia de diferentes Espacios Naturales, que a continuación se detallan (ver Figura 12.-) y de los que se concluye que la mitad oriental de la playa sumergida de la zona de actuación (hasta una distancia de unos 800 m de la línea de costa) y la totalidad de la playa sumergida (a partir de una distancia de unos 800 m de la línea de costa) está afectada por algún Espacio Natural (ES0000513 o bien ES5110020). Asimism o parte de la playa seca de la mitad de levante está incluido en el Espacio Natural ES0000146.

  - LIC y ZEPA "Delta del Llobregat" (ES0000146).
  - ZEPA "Espacio Marino del Baix Llobregat - Garraf" (ES0000513).
  - LIC y ZEPA "Serres del Litoral Central" (ES5110013).
  - LIC y ZEPA "Costes del Garraf" (ES5110020)

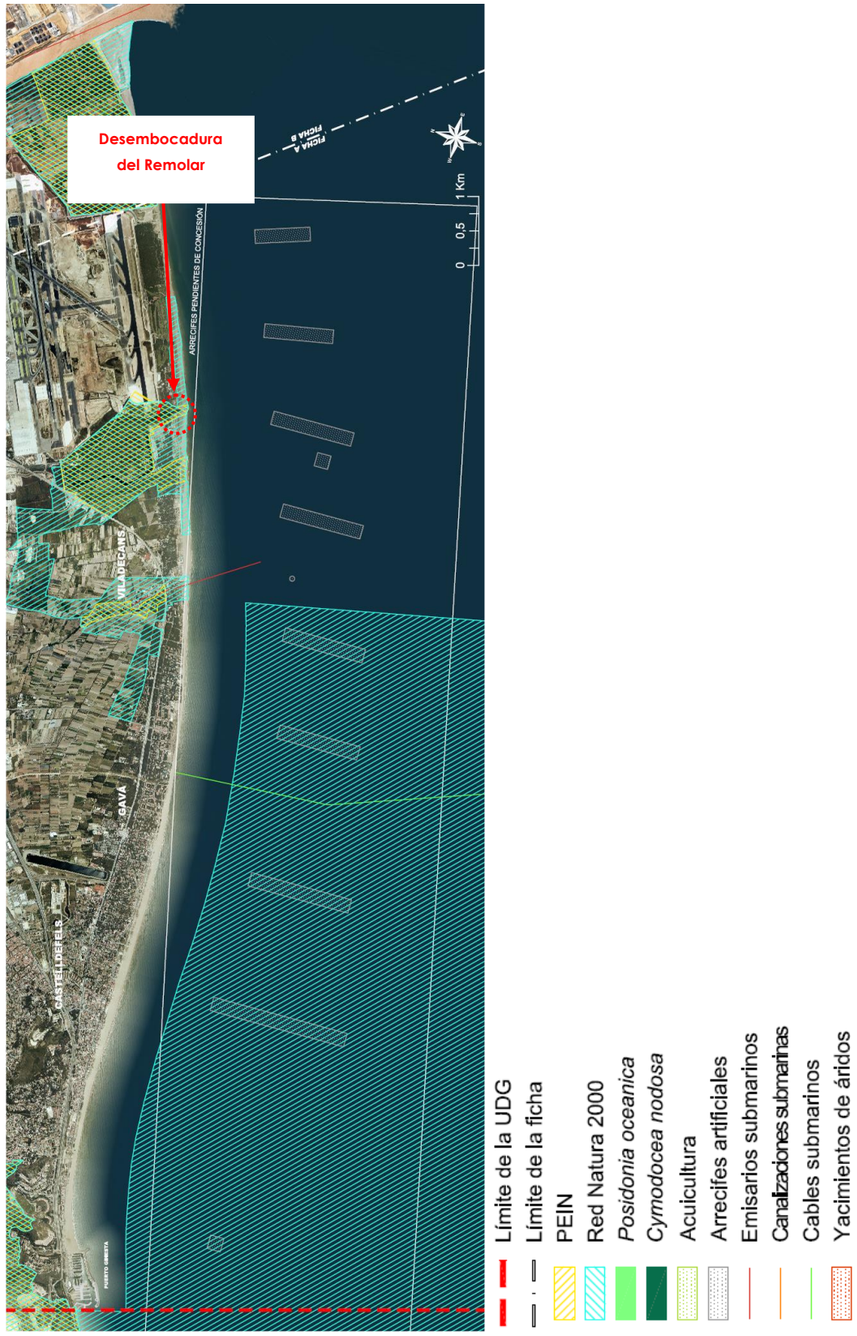


Figura 11.- Caracterización natural del tramo de costa en el que se encuentra la zona de proyecto. Fuente: DGSCM

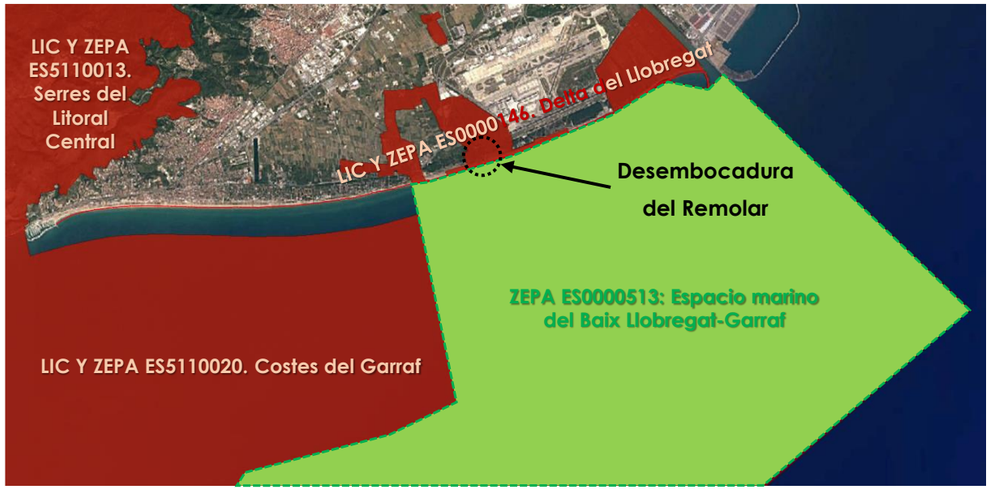


Figura 12.- Espacios marinos, LIC y ZEPA en el tramo de costa en el que se encuentra la zona de proyecto. Fuente: *Generalitat de Catalunya*

Los trabajos de campo realizados para el proyecto de la DDCyM han confirmado la presencia de pequeñas manchas dispersas de *Cymodocea Nodosa* de muy baja densidad en la parte más oriental de unidad fisiográfica y alejadas por tanto de la zona de proyecto (ver Figura 13.-). El resto de hábitats marinos detectados no presentan mayor interés.

En el referido documento "Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa" (datos de 2006) se comenta que en las playas de la Unidad de Gestión a la cual pertenece la zona de estudio la calidad sanitaria de las aguas es de moderada a buena, el aspecto del agua es en general bueno y el aspecto del sedimento (arena) es en general de bueno a muy bueno. Asimismo dicho documento concluye que en dicha Unidad de Gestión la presión sobre las aguas costeras es significativa, la calidad biológica de las aguas es baja, la calidad físico-química de las aguas es deficiente, el estado ecológico es deficiente y el impacto sobre el sistema litoral se considera probable. Asimismo el nivel de vulnerabilidad ambiental del tramo de costa en el que se encuentra la zona de proyecto es alto.

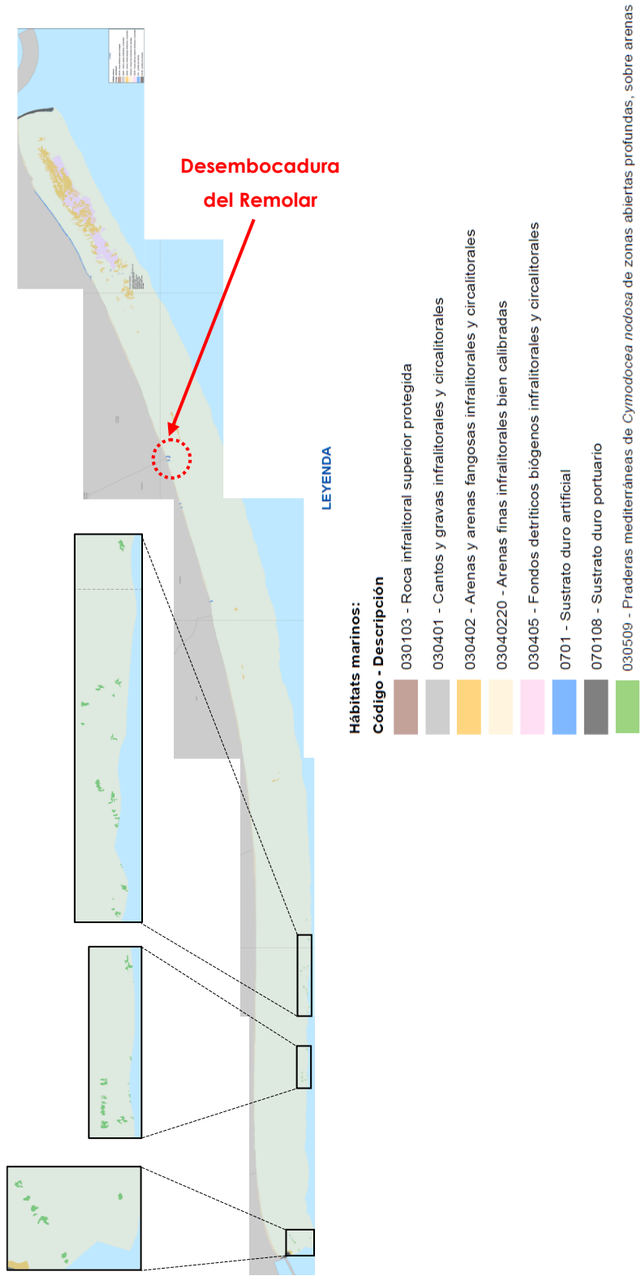


Figura 13.- Caracterización de los fondos en la unidad fisiográfica en la que se encuentra zona de proyecto. Fuente: elaboración propia

4. FORMAS DE EQUILIBRIO EN PLANTA Y PERFIL

4.1 FORMAS DE EQUILIBRIO DE UNA PLAYA EN PLANTA

4.1.1 FORMULACIONES EXISTENTES

Las playas encajadas son muy frecuentes en las costas que presentan salientes, como cabos rocosos, diques, espigones, etc. Es comúnmente aceptado que las playas formadas bajo el ataque persistente de un oleaje de fondo tipo *swell* que se difracta en estos salientes (a partir de ahora polos), son las playas más estables generadas por la naturaleza.

En términos de estabilidad estas bahías están en equilibrio dinámico si se produce transporte litoral a lo largo de ellas y en caso contrario se habla de equilibrio estático.

Algunos autores (Silvester, Le Blond, Ho, Rea y Komar, Garau...) estudiaron este fenómeno, llegando a la conclusión que la configuración de equilibrio de este tipo de playas encajadas se reproducía de una forma fiel mediante una espiral logarítmica tangente a un tramo recto paralelo a los frentes del oleaje medio incidente, cuya ecuación es:

$$R = K \bullet e^{\theta \cot\alpha} = K \bullet e^{\theta \tan\varphi}$$

siendo:

- K una constante que depende del tramo angular de la espiral
- α el ángulo constante entre la tangente y el radiovector en un punto de la espiral
- θ el ángulo variable en radianes entre el origen y el radiovector de un punto determinado
- φ el ángulo complementario de α ($\varphi = 90° - \alpha$)

La comprobación experimental (Garau) parecía indicar que para las playas de arena encajadas del Mediterráneo español el ángulo φ valía 30º, estando situado el polo de la espiral en el punto de difracción del oleaje.

No obstante, posteriormente se comprobó que esta curva no ajustaba con total precisión ni los puntos más alejados del polo ni los más cercanos, sirviendo exclusivamente en la zona intermedia. De hecho una configuración estable de este tipo de playas presenta en la zona más alejada del polo un tramo prácticamente rectilíneo que es tangente a una espiral logarítmica la cual enlaza a su vez con otro tramo prácticamente circular en las proximidades del polo. En condiciones de equilibrio el tramo rectilíneo es paralelo a las crestas del oleaje medio incidente. Existen formulaciones empíricas que permiten estimar cuál es la forma en planta de playas ubicadas en la zona de sombra de un cabo o elemento de protección. Hsu y Evans (1989) propusieron para la forma en planta de una playa la expresión parabólica:

$$\left(\frac{R}{R_0}\right) = C_0 + C_1\left(\frac{\beta}{\theta}\right) + C_2\left(\frac{\beta}{\theta}\right)^2$$

donde:

- R_0 es la distancia entre el polo y el punto de la línea de costa más alejado del obstáculo en el que no existe influencia del polo (punto de control),
- β es el ángulo entre el frente del oleaje incidente y la línea de control, que une el polo de difracción con el punto de control (ver Figura 14.-),
- θ es el ángulo entre el frente del oleaje y el radio R (ver Figura 14.-),
- C_0, C_1 y C_2 son unos coeficientes con unos valores universales que dependen de β (ver Figura 15.-).

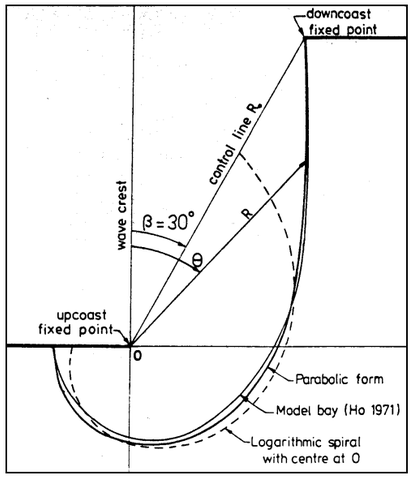


Figura 14.- Definición esquemática de la planta de una bahía en equilibrio. Fuente: Hsu y Evans

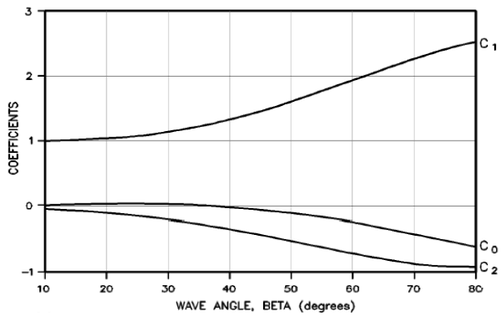


Figura 15.- Valores de los coeficientes C_0, C_1 y C_2 de la formulación parabólica. Fuente: Hsu y Evans

Uno de los problemas que plantea la formulación de Hsu y Evans es la ausencia de información para localizar el punto de control, es decir, el punto hasta el cual la curva definida por esta formulación es válida y a partir del cual comienza el tramo rectilíneo. González (1995) desarrolló una metodología para el diseño de playas encajadas a partir de la formulación de Hsu y Evans que permitía determinar el valor del ángulo β, es decir, la situación del punto de control. A partir del análisis de playas encajadas de la costa atlántica y mediterránea española obtuvo la siguiente expresión para el valor de β:

$$\beta = 90^{o} - atag\left(\frac{\sqrt{1{,}286 + 2{,}268\frac{Y}{L}}}{\frac{Y}{L}}\right) \pm 5^{o}$$

donde Y es la distancia entre el polo de difracción y el tramo rectilíneo medido en la dirección perpendicular al oleaje dominante y L es la longitud de onda en el polo calculada con el período significante T_{S12} , es decir el superado 12 horas al año.

Esta formulación fue obtenida para playas encajadas no afectadas por desembocaduras en las que la difracción del oleaje es el fenómeno hidrodinámico dominante. En las playas adyacentes a las desembocaduras la planta de equilibrio se ve modificada por la existencia del bajo exterior, por lo que, además de la difracción que puedan generar las puntas o cabos, se debe tener el efecto que dicho bajo exterior genera en la forma en planta de las playas.

Asimismo, la existencia de reflexiones del oleaje en acantilados, espigones, muelles, etc., puede provocar variaciones en la forma en planta de la línea de cosa no recogidas por dicha fórmula.

4.1.2 Resultados obtenidos

La metodología anteriormente explicada va a ser la empleada para estudiar si las playas existentes en la zona de estudio están en equilibrio, para lo cual se ha utilizado el programa "Sistema de Modelado Costero" ("**SMC")** desarrollado por el IH Cantabria.

En particular se va a analizar la playa situada entre los espigones de la desembocadura del estanque del Remolar.

Los parámetros que se necesitan para poder aplicar dicha formulación son la dirección del flujo medio de energía del oleaje, la distancia entre el polo de difracción y la línea de costa (Y) y la longitud de onda en el polo de difracción (L) para cuyo cálculo se requiere el valor de su profundidad (d) y de $T_{s,12}$.

4.1.2.1 Definición del polo de difracción

El primer paso consiste en la definición del polo de difracción. Parece evidente que el polo que predomina en la forma de la playa es el polo del NE.

4.1.2.2 Dirección del flujo medio de energía

El siguiente paso es la obtención de la dirección del oleaje representativo. Dado que la forma en planta de una playa no es capaz de responder instantáneamente a los cambios de dirección del oleaje y tiende a ubicarse en una posición en equilibrio con las condiciones medias energéticas del

oleaje, la dirección de los frentes que ha de utilizarse en el estudio de la forma en planta es la definida por el flujo medio anual de energía, $\vec{F}_p$.

4.1.2.2.1 Cálculo analítico

Analíticamente el flujo medio de la energía del oleaje se calcula como

$$\vec{F}_p = \frac{\sum_{i,j}\left(\vec{F}_{i,j} \times p_{i,j}\right)}{\sum_{i,j} p_{i,j}}$$

donde $\vec{F}_{i,j}$ es el flujo de energía del oleaje asociado al intervalo de altura 'i' del sector direccional 'j' y $p_{i,j}$ es el peso asociado.

En el caso que se disponga de la base de datos de oleaje en alta mar, el cálculo se resuelve transformando cada registro de oleaje en alta mar en un registro a pie de playa y calculando el flujo de energía de cada registro, de manera que el flujo medio anual de energía será el promedio de los flujos de energía de todos los registros.

Siguiendo esta metodología se ha calculado la dirección del flujo medio en dos (2) perfiles cercanos a la desembocadura del Estanque del Remolar (ver Figura 16.-), cuyos resultados se muestran en la Figura 17.- .

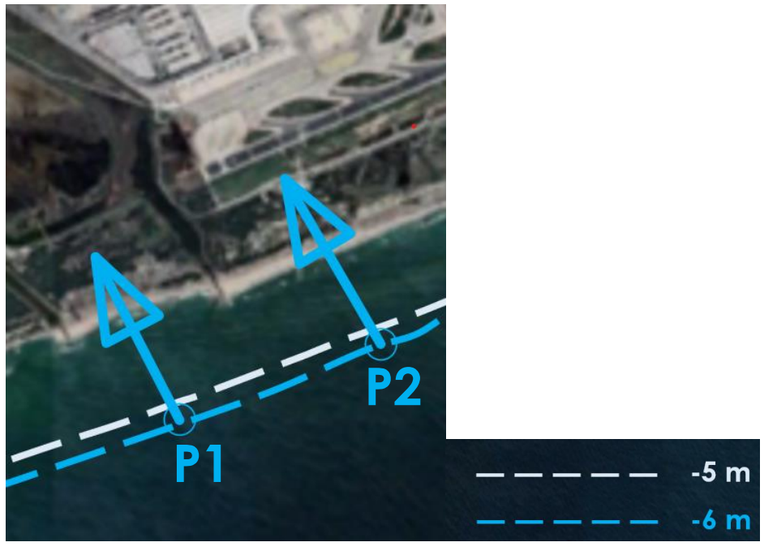


Figura 16.- Puntos en los que se ha calculado la dirección del flujo medio de energía. Fuente: Marciglob

Dirección del flujo medio	
P1	P2
152,8 °N	149,6 °N

Figura 17.- Resultados de la dirección del flujo medio de energía. Fuente: Marciglob.

Para el cálculo de la forma en planta de equilibrio entre los espigones de la salida del Estanque del Remolar se ha utilizado como dirección del flujo un valor intermedio entre los de P1 y P2: **151 °N.**

No obstante, debe tenerse en cuenta que si bien estos valores han sido obtenidos tras un proceso numérico altamente sofisticado, puede suceder que los valores reales pueden diferir en algunos grados, de modo que es recomendable probar varios valores de la dirección media de oleaje alrededor de este valor para conseguir el ajuste óptimo.

4.1.2.3 Ajuste realizado

La longitud de onda en el polo de difracción T_{mor} = T_{mor} = 5,5 s resulta ser L = 18 m (en el morro del dique, situado a -1 m de profundidad). Por lo que respecta a los valores de Y y de β, se obtienen gráficamente a partir del mejor ajuste obtenido y de la expresión anterior.

Debe tenerse en cuenta que la formulación de Hsu y Evans sólo es válida en playas en las que no se produce pérdida longitudinal de sedimento, es decir, que está ubicada entre obstáculos.

Esto no sucede en ninguno de los dos espigones pues los morros de ambos están por debajo de la profundidad activa (ver apartado 4.2.1), por lo que ambos son superados por la corriente sedimentaria litoral. Por ello si bien estrictamente la formulación de Hsu y Evans no es totalmente aplicable, cabe decir que la playa interior situada entre los espigones tiene aportaciones casi constantes de sedimento desde el estanque Remolar (en los episodios en los que este desagua) como por la propia deriva sedimentaria litoral que penetra entre espigones por efecto de las corrientes de difracción.

En la Figura 18.- se presenta el ajuste realizado para la configuración de playa (basada en el levantamiento topográfico de abril de 2022). Puede apreciase que el ajuste mediante la parábola de Hsu-Evans es bueno con pequeñas desviaciones en los tramos más cercanos a los espigones.

Analizando el motivo de esas pequeñas desviaciones se vislumbran 2 motivos:

- La playa está en la desembocadura del Estanque del Remolar lo que implica que además de la difracción del oleaje hay una interacción con el cauce (cuando se produce flujo) que aporta sedimentos.
- Como se ha explicado se trata de una playa cuyos espigones están a profunidades sensiblemente menores a la activa y que son sobrepasados por la deriva sedimentaria litoral.

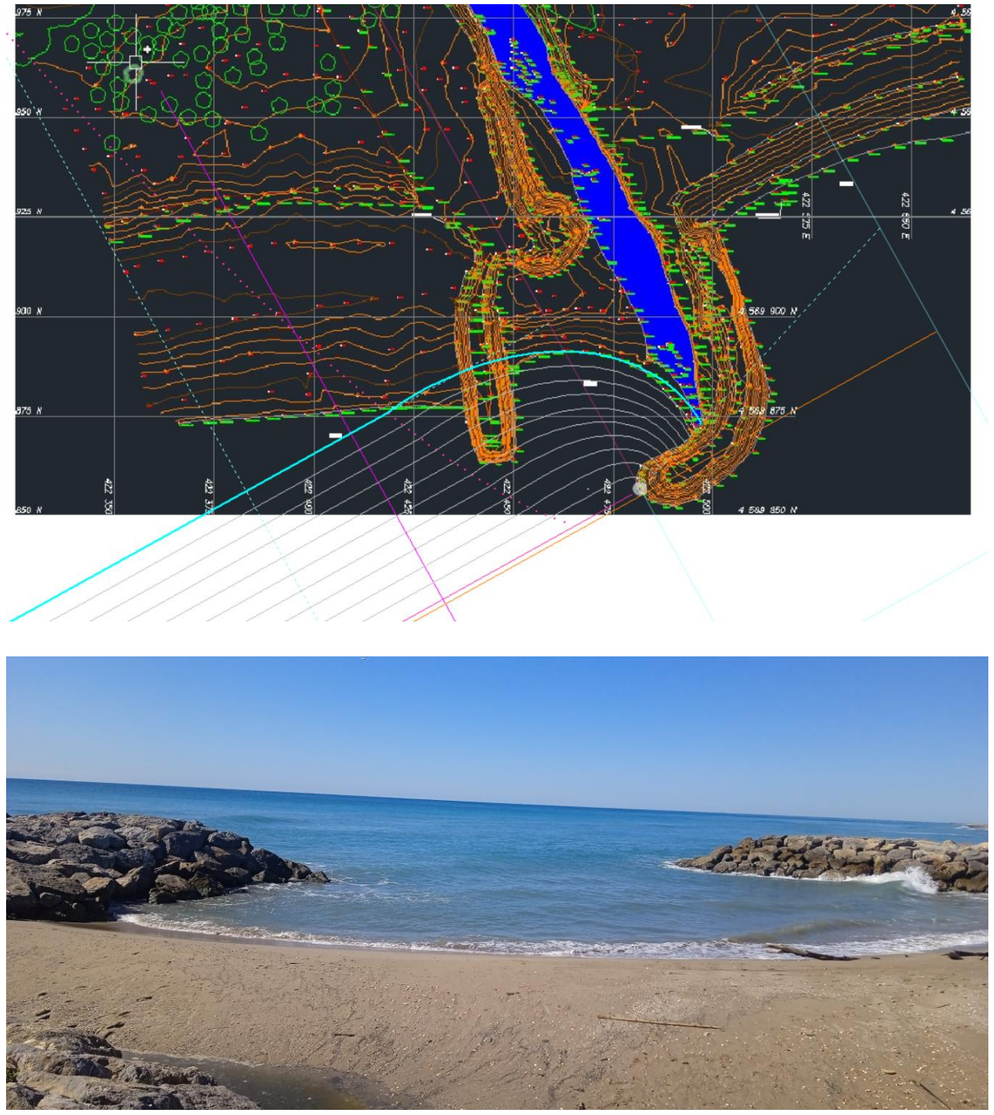


Figura 18.- Arriba: Ajuste de la línea de costa del 20 de marzo de 2024 mediante la parábola de Hsu-Evans. Dirección de flujo teórica de 151º N (S29E). Abajo: vista de la playa desde tierra en septiembre de 2024. Fuente: Marciglob

Por tanto, no puede concluirse sobre la validez de la formulación de Hsu y Evans para este tramo de costa. No obstante tanto el ajuste mostrado en la Figura 18.- la experiencia del autor del presente estudio en playas en esta zona litoral (playas de Vilanova i la Geltrú, Sitges, Barcelona, Montgat, Premià, Vilassar, Arenys…) sí permite afirmar que por lo general la formulación de Hsu y Evans da lugar a configuraciones de playa estables, siempre que se cumplan las hipótesis asociadas: playas en equilibrio dinámico sin entrada ni salida de sedimento por transporte longitudinal.

Para finalizar, cabe destacar que la formación de una playa encajada entre los espigones aumenta la longitud de la salida dell estanque (ver Sección 6 y Figura 49.-), lo que supone una dificultad adicional a la evacuación del agua,

4.2 ANÁLISIS DEL PERFIL TRANSVERSAL

4.2.1 ZONIFICACIÓN DEL PERFIL DE PLAYA. PROFUNDIDADES ACTIVA Y DE CIERRE

Para poder analizar el comportamiento transversal de las playas se determina en primer lugar la zonificación de su perfil (es decir, en dirección transversal o perpendicular a la línea de costa). Hallermeier (1978) propuso una zonificación del perfil de la playa en función de la variabilidad del perfil y del tipo del transporte dominante, distinguiéndose:

- Zona litoral: en la que se producen grandes cambios del perfil debido tanto al transporte longitudinal como al transversal.
- Zona de asomeramiento o *shoal:* en la que existen pequeños cambios no despreciables en el perfil a lo largo del año fundamentalmente debido al transporte transversal.
- Zona exterior u *offshore:* en la que los cambios del perfil son despreciables.

El límite entre la zona litoral y la de asomeramiento viene dado por la profundidad activa d_l, y el límite entre ésta y la zona exterior por la profundidad de cierre d_i.

En 1978 Hallermeier propuso a partir de los resultados de unos ensayos en laboratorio una expresión para el cálculo de la profundidad activa y en 1980 presentó otra fórmula para la obtención de la profundidad de cierre.

$$d_l = 2{,}28H_{s12} - 68{,}5\frac{H_{s12}^2}{gT_{s12}^2}$$

$$d_i = H_{sm}T_{sm}\sqrt{\frac{g}{5000D}}$$

siendo:

- H_{s12} la altura de ola significante local superada 12 horas al año,
- T_{s12} el período significante asociado a H_{s12} (puede suponerse que $T_s = T_p$).
- H_{sm} la altura de ola significante local media anual,
- T_{sm} el período significante medio anual,
- D el diámetro medio del material situado a una cota 1,50 d_l.

Birkemeier (1985) utilizando numerosos datos medidos en perfiles de playas obtuvo una expresión modificada para d_l:

$$d_l = 1{,}75H_{s12} - 57{,}9\frac{H_{s12}^2}{gT_{s12}^2}$$

La fórmula que permite la obtención de la profundidad de cierre suele simplificarse por otra más sencilla para la cual no resulta necesario conocer las características del sedimento:

$$d_i = 3{,}5 \bullet H_{s12}$$

En el estudio de propagación del oleaje (ver Anejo nº 3) se presenta el valor de H_{s12} a lo largo de la zona de estudio (puntos P2 a P19) así como la dispersión H_s - T_p En la Tabla 2.- se recogen todos los datos anteriores en los perfiles de la playa (P1 y P2), así como las profundidades activa y de cierre obtenidas.

Tabla 2.- Profundidades activa y de cierre en los perfiles considerados. Fuente: Marciglob

	P1	P2
H_{s12} (m)	2,35	2,4
T_{s12} (s)	8	8,1
d_I= h* (Hallermeier, m)	4,8	4,9
d_I= h* (Birkemeier, m)	3,6	3,7
d_I (m)	8,2	8,4

A efectos de análisis global de todo el tramo de playa en que se encuentran la desembocadura objeto de este proyecto, se ha calculado el promedio de estos valores, resultando los siguientes:

$H_{S12,local}$ = 2,4 m

Profundidad activa, d_I[1] = 4,9 m

Profundidad de cierre d_I = 8,4 m

En la aplicación del perfil de equilibrio, es usual adoptar como valor de profundidad de cierre el límite de la zona litoral d_I, denominándola h*, que en este caso se sitúa en los 8,4 metros.

De la información batimétrica se deduce que el Espigón de la margen derecha del río Llobregat y el puerto de Port Ginesta superan la profundidad activa, lo que suponen una barrera total capaz de interrumpir todo el transporte longitudinal.

Los espigones de la desembocadura del Remolar no superan esa profundidad y por tanto son solamente barreras parciales fácilmente superables por la corriente litoral

[1] Se ha tomado el valor obtenido con la formulación de Hallermeier, ya que, tal como se ve más adelante, en este caso es la que mejor ajusta a la realidad.

4.2.2 PERFIL DE EQUILIBRIO

4.2.2.1 Formulaciones existentes

Se define perfil de playa como la variación de la profundidad del agua, d, con la distancia desde la línea de costa, x, en dirección perpendicular a la misma:

$$d = f(x)$$

El concepto de "*perfil de equilibrio*" ha sido definido por diversos autores. Así la Enciclopedia de Playas y Costas (Schwartz, 1982) lo define como "*un perfil batimétrico que se produce por un clima marítimo y con un tipo de sedimento particular*". Dean (1991) lo define como "*el balance entre fuerzas constructivas y destructivas que ocurre en condiciones de oleaje estacionario para un sedimento particular*".

Larson (1991) describe el perfil de equilibrio afirmando que "*una playa con un tamaño de grano concreto expuesta a unas condiciones de oleaje constantes desarrollará un perfil que no evoluciona en el tiempo*".

Evidentemente un perfil tal como está descrito en el párrafo anterior sólo puede ser obtenido en laboratorio, donde se puede fijar el oleaje incidente. En la naturaleza la variación del nivel del mar y del oleaje es constante y por lo tanto un perfil de equilibrio en sentido estricto no existe nunca. No obstante, dado que las variaciones de los diferentes agentes (oleaje, corrientes y mareas) están en principio acotadas, también lo estará la variabilidad del perfil, pudiéndose admitir en la naturaleza la existencia de una situación modal o perfil de equilibrio que sufre variaciones en función del clima marítimo existente. Más aún, es posible reconocer períodos en los que las condiciones de oleaje pueden considerarse constantes y bajo estas condiciones la playa puede desarrollar un perfil de equilibrio.

4.2.2.1.1 Perfil de Dean

Se han realizado numerosos trabajos tanto en laboratorio como en el campo con objeto de analizar y cuantificar el concepto de perfil de equilibrio. Bruun (1954) analizó perfiles de playa de la costa danesa del mar del Norte y de Mission Nay (California) y encontró que la media de los perfiles podía ser ajustada mediante la relación:

$$h = A\, x^{2/3}$$

Dean (1977) analizó 504 perfiles a lo largo de la costa atlántica de los Estados Unidos desde Long Island hasta Méjico y los ajustó por medio de mínimos cuadrados a la expresión

$$h = A\, x^{n}$$

obteniéndose valores $0{,}1 < n < 1{,}4$ y $0{,}025 < A < 6{,}31$. El error cuadrático fue del 16 % y el valor medio del exponente n = 0,67, análogo al de Bruun. Dean rehizo el análisis del ajuste fijando n = 2/3 y

encontró que la dispersión de los valores de A se reducía considerablemente, estando el 99 % de los valores en el rango 0,0 < A < 0,3. Otros autores han obtenido valores diferentes del parámetro n. Así por ejemplo, Wright et al. (1982) propusieron n = 2/5, Boon y Green (1989) n = ½, Vellinga (1984) n = 0,78, etc. Existen al menos tres posibles vías de investigación para el desarrollo de una teoría para la determinación del perfil de equilibrio:

- Aproximación cinemática: en la que se intenta determinar el movimiento de las partículas de sedimento (en suspensión o por fondo) mediante la descripción de las fuerzas que actúan sobre ellas.
- Aproximación dinámica: en la que se plantea un balance macroscópico de fuerzas constructivas y destructivas.
- Aproximación empírica: que es puramente descriptiva y representa el intento de ajustar el perfil de playas a las formas más comunes encontradas en la naturaleza, utilizando parámetros determinados mediante ajustes o técnicas de análisis dimensional.

Es posible obtener el perfil potencial $h = A \cdot x^{2/3}$ a través de cualquiera de estos tres tipos de aproximaciones. Moore (1982) revisó los 504 perfiles analizados por Dean incorporando la información sobre el tamaño de sedimento, además de un gran número de ensayos de laboratorio, obteniendo una gráfica en la que el parámetro A era función del tamaño medio de grano, D_{50}.

Dean (1987) transformó los datos de Moore expresando A en función de la velocidad de caída del grano 'w' (expresada en m/s) y encontró la relación:

$$A = 0{,}51 \cdot w_f^{0{,}44}$$

Posteriormente Hanson y Kraus (1989) aproximaron dicha curva a las siguientes expresiones en las que D_{50} está expresado en mm:

$$A = 0{,}41 \cdot D_{50}^{0{,}94} \quad \text{si} \quad D_{50} < 0{,}4$$

$$A = 0{,}23 \cdot D_{50}^{0{,}32} \quad \text{si} \quad 0{,}4 < D_{50} < 10$$

$$A = 0{,}23 \cdot D_{50}^{0{,}28} \quad \text{si} \quad 10 < D_{50} < 40$$

$$A = 0{,}46 \cdot D_{50}^{0{,}11} \quad \text{si} \quad D_{50} > 40$$

Kriebel et al. (1991) por medio de argumentos energéticos propuso una relación

$$A = 1{,}05 \cdot w_f^{2/3}$$

Según el *Shore Protection Manual,* la velocidad de caída del grano "w_f" se puede calcular, de modo aproximado y para arenas con densidad ρ=2,65 t/m^3, adoptando las siguientes expresiones:

$$w_f\ (m/s) = 1{,}1 \cdot 10^6 \cdot D(m)^2 \qquad D < 0{,}1 \text{ mm}$$

$$w_f\ (m/s) = 273 \cdot D(m)^{1{,}1} \qquad 0{,}1 \text{ mm} < D < 1 \text{ mm}$$

$$w_f\ (m/s) = 4{,}36 \cdot D(m)^{0{,}5} \qquad D > 1 \text{ mm}$$

donde D está expresado en metros y w_f en m/s.

4.2.2.1.2 Perfil de equilibrio con modelo de disipación en la zona de rotura

En el caso que en la zona de rotura se aplique el modelo de disipación de Dally (1985) se obtiene la siguiente expresión:

$$h = m \cdot x \qquad \text{para } h < h_T$$

$$h = A \cdot (x - x_0)^{2/3} \qquad \text{para } h > h_T$$

donde

- A es el parámetro de la formulación de Dean,
- h_T es la profundidad de transición entre el tramo lineal y el parabólico, calculada como $h_T = (4 \cdot A^3)/(9 \cdot m^2)$,
- $x_0 = h_T/m - (h_T/A)^{3/2}$,
- m es la pendiente del tramo lineal, pudiéndose emplear para el valor de 'm' la expresión de Kriebel (1991) $m = 0{,}15 \cdot (w_f \cdot T/H)^{0{,}5}$, siendo H y T la altura de ola y el período de oleaje respectivamente.

Puede apreciarse que lejos de la línea de orilla este perfil es paralelo al de Dean y que cerca de la línea de orilla el perfil se caracteriza por ser rectilíneo, ese decir, por tener un estrán lineal.

4.2.2.1.3 Perfil en playas con refracción y difracción

En el caso que se produzca una cesión lateral de energía debida a la refracción, las hipótesis del perfil de Dean (1977) ya no son válidas. Si se considera válida una variación lineal de la distancia entre ortogonales, es decir, $L(x) = L_0 + 2 \cdot m \cdot (W - x)$ tal como se muestra en la siguiente figura, el GIOC de la Universidad de Cantabria concluyó que podía aplicarse la fórmula de Dean con un parámetro $A_P(x)$.

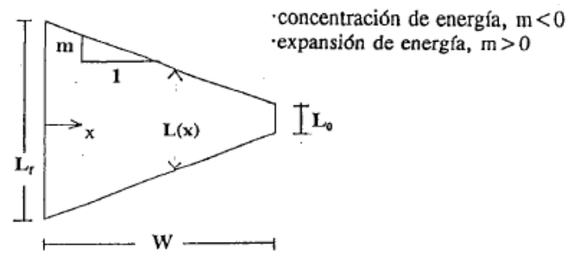


Figura 19.- Definición de los parámetros intervinientes en la formulación del perfil de equilibrio con refracción. Fuente: GIOC

Por lo tanto,

$$h = A_P(x) \cdot x^{2/3}$$

donde $A_p(x)$ puede obtenerse de la expresión

$$A_p(x) = A \cdot [1/K_r^2 \cdot (1 - 0{,}5\, x/W) + 0{,}5 \cdot x/W]^{2/3}$$

siendo

- A el parámetro de Dean (1987),
- K_r el coeficiente de refracción, definido como $[L_0/L(x)]^{0,5}$,
- W la distancia perpendicular a la costa del donde comienza la variación lineal de K_r.

Puede comprobarse que si $K_r<1$ (es decir, en una zona de expansión del oleaje) $A_p/A>1$, lo que significa que la pendiente del perfil es mayor, ya que la energía incidente por meto lineal es menor

En el caso que adicionalmente tenga lugar una difracción en un obstáculo y pueda considerarse válido que

- la difracción es solamente dominante en las proximidades del espigón (del orden de una longitud de onda), donde se ubica el primer frente con una anchura $B0 = r0 \cdot \Theta$ (de acuerdo con la Figura 20.-) y que
- a partir de este punto la refracción es dominante, cumpliéndose que $B(x) = (r_0 + W - x) \cdot \Theta = (r - x) \cdot \Theta$, donde r es la distancia entre el polo y la línea de orilla en el perfil de interés.

resulta válida la formulación anterior del perfil con refracción, considerando para $A_p(x)$ la siguiente expresión

$$A_p(x) = A \cdot [1/K_r^2 \cdot (1 - 0{,}5\, x/W) + 0{,}5 \cdot x/W]^{2/3}$$

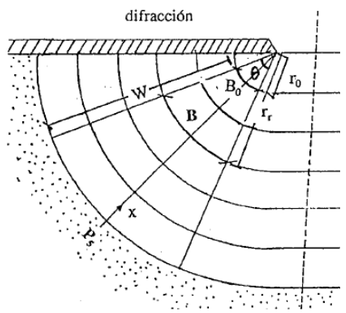


Figura 20.- Definición de los parámetros intervinientes en la formulación del perfil de equilibrio con refracción. Fuente: GIOC

En este caso W es la distancia entre la orilla y la profundidad activa $h_* = d_l$ en el perfil de estudio, que puede calcularse a través de la expresión

$$[0{,}5 \cdot r/(r - W) + 0{,}5]^{2/3} \cdot A \cdot W^{2/3} = 1{,}8 \cdot K_D \cdot H_{s12,P}$$

donde

- $H_{s12,P}$ es el valor de H_{s12} en el polo de difracción,
- K_D es el coeficiente de difracción en el punto de rotura de H_{s12} en el perfil de estudio,
- r es la distancia entre el polo y la línea de orilla en el perfil de interés.

Una vez obtenido W, puede calcularse K_r como

$$K_r^2 = (r - W)/r$$

4.2.2.1.4 *Perfil en playas con reflexión*

Para perfiles de playas no totalmente disipativas y que por tanto provocan una reflexión parcial del oleaje, González (1995) propuso la expresión

$$x = (h/A)^{3/2} + 9/2 \cdot B \cdot (h/A)^3$$

siendo A y B unos parámetros que pueden ser calculados de acuerdo con las siguientes expresiones obtenidas por Bernabeu et al. (1997):

$$B = 32 \cdot 10^{-4} \cdot \exp[-0{,}44 \cdot (H/(w_f \cdot T))]$$

$$A = k \cdot w_f^{0,44}$$

$$k = 0{,}47 + 0{,}68 \cdot \exp[-0{,}44 \cdot (H/(w_f \cdot T))]$$

donde H, w_f y T ya se han explicado anteriormente.

4.2.2.2 Aplicación de los perfiles de equilibrio a la playa existente

Se han definido un total de 10 transeptos, coincidentes con los perfiles mostrados en la Figura 6.- en los que se han tomado para el presente proyecto muestras granulométricas a diferentes profundidades y se ha calculado el tamaño medio de grano (ver Tabla 1.-), en los que se ha obtenido el perfil real del terreno a partir del levantamiento batimétrico y se ha procedido a comprobar el ajuste de los perfiles reales a diferentes perfiles de equilibrio: perfil de Dean (empleando para el cálculo del parámetro A las expresiones de Dean y de Hanson & Kraus), perfil con estrán lineal (es decir, con modelo de disipación en la zona de rotura) empleando un parámetro A obtenido como promedio de las expresiones de Dean y de Hanson & Kraus y perfil con reflexión. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 21.- . En primer lugar, cabe destacar que prácticamente todos los perfiles contienen una berma (excepto el P-9), la cual no puede ser reproducida por estos perfiles de equilibrio. Por tanto, se verificará qué perfil de equilibrio ajusta mejor

- hasta la profundidad activa (que también aparece dibujada en cada perfil con una línea gris a trazos)
- hasta la parte final de la berma en la que vuelve a aparecer un perfil de forma aproximadamente parabólica (punto de inflexión).

Los perfiles que mejor ajustan se resumen en la Tabla 3.- .

Tabla 3.- Perfiles teóricos que mejor ajustan. Fuente: Marciglob

Perfil	Prof. Activa	Final de la berma
P-1	Ninguno	Reflexión
P-2	Ninguno	Reflexión

Puede apreciarse que n 7 de los 10 transeptos el perfil de reflexión es el que mejor se ajusta al perfil real para algunos de los 2 criterios considerados (hasta la profundidad activa o bien hasta el final de la berma).

Por lo que respecta a la zona emergida, puede apreciarse que el ajuste del perfil teórico de estrán lineal (es decir, con modelo de disipación en la zona de rotura) ajusta muy bien al perfil real.

Cabe recordar que en estas actuaciones no se actúa sobre las playas del Remolar ni sobre la de la Pineda del Francés.

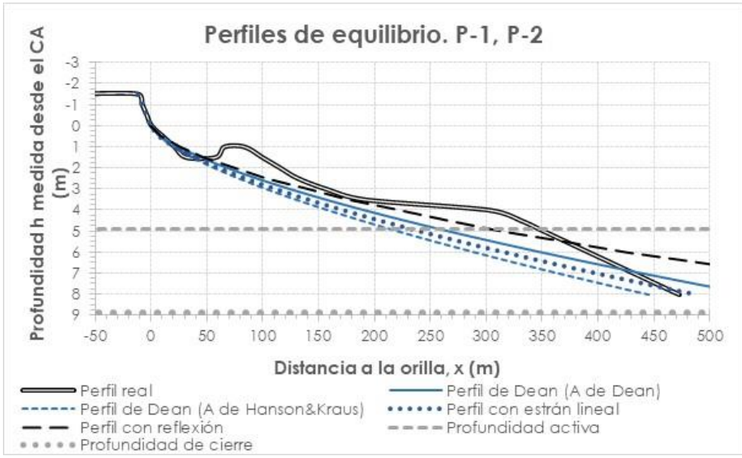


Figura 21.- Perfiles medidos vs perfiles de equilibrio en las playas a poniente y levante de la zona de estudio. Fuente: Marciglob

5. ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DEL TRANSPORTE LITORAL EN LA UNIDAD MORFOLÓGICA

5.1 METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS

La obtención de la tasa del transporte de sedimentos en dirección longitudinal a la costa como consecuencia de las corrientes inducidas por la rotura del oleaje es fundamental para el correcto conocimiento de la dinámica litoral del tramo de costa que se está considerando en el presente estudio.

Para obtener la capacidad de transporte del oleaje, existen los siguientes procedimientos de cálculo:

- La medida directa, "in situ".
- La cubicación de volúmenes retenidos por obras (diques, espigones) situados en los alrededores.
- La determinación de erosiones y acumulaciones en la línea de costa mediante fotografías aéreas a lo largo del tiempo.
- Ensayos a escala reducida.
- Empleo de formulaciones analíticas.
- Estudio mediante modelos matemáticos.

El primer método, el de medida directa, no se utiliza debido al elevado coste que supone llevarlo a cabo y el excesivo plazo de tiempo que es necesario invertir.

La cubicación de volúmenes retenidos por las obras de defensa es un método de gran utilidad y muy utilizado a pesar de que no siempre es posible aplicarlo debido a la inexistencia de obstáculos naturales suficientemente próximos a la zona de estudio o por no disponer de levantamientos topográficos y batimétricos con suficiente precisión para analizar su evolución temporal.

La cuantificación del transporte sólido a partir de las variaciones producidas en la línea de costa debido a las erosiones y acumulaciones del material de las playas mediante restituciones fotogramétricas de fotografías aéreas es un método que resulta aceptable en muchos casos debido a la simplicidad del proceso y a los resultados bastante aceptables. No obstante, el método presenta diversos inconvenientes. Por un lado, las restituciones fotogramétricas se realizan sin tener en cuenta ni los efectos de las mareas astronómica y meteorológica, ni el oleaje, ni la época en la que se realizó la fotografía, por lo tanto, no se tiene en cuenta las diferencias en la línea de orilla debidas al cambio de estación. Por otro lado, dichas restituciones no tienen información acerca del fondo marino ni acerca de las batimétricas, además de introducir los errores propios de la restitución fotogramétrica, que pueden cifrarse en variaciones de la línea de costa de ±3 m o incluso mucho más.

Los ensayos a escala reducida en piscinas de oleaje presentan el inconveniente de que resultan muy costosos y además se debe tener especial cuidado con el mantenimiento de una correcta similitud de las escalas de ensayo, sin embargo, son muy útiles para establecer cálculos en cuanto a estabilidades.

El empleo de formulaciones analíticas es probablemente el método más empleado por su sencillez y rápida implementación. Además, existen numerosas formulaciones que pueden ser empleadas con objeto de obtener un cierto rango de variabilidad.

El cálculo del transporte de sedimentos mediante modelos matemáticos es una herramienta muy potente y relativamente poco costosa que permite una obtención rápida y fiable de la capacidad teórica de transporte a corto plazo, que de todas formas debe ser calibrada correctamente. No obstante, su empleo para cálculos a medio y sobre todo a largo plazo (p.e. transportes medios anuales) es más cuestionable.

En este proyecto se ha determinado la capacidad de transporte del oleaje mediante el análisis de variaciones de la línea de costa y de batimetrías, el empleo de formulaciones analíticas y el modelado numérico

5.2 CÁLCULO DEL TRANSPORTE A PARTIR DE VARIACIONES DE LA LÍNEA DE COSTA

5.2.1 INTRODUCCIÓN

Este método parte de la fórmula de conservación de la masa de sedimento (ver Figura 22.-), es decir

$$((\partial Q/\partial x) + q_s + q_o)\ \Delta x\ \Delta t = \Delta V = \Delta x \cdot \Delta y \cdot h \qquad \Delta Q^* = \Delta V/\Delta t = \Delta x \cdot \Delta y \cdot h/\Delta t$$

donde

- ΔQ^* es el transporte de sedimentos neto en un tramo costero con longitud Δx (que también podemos denominar "celda"), es decir, $\Delta Q^* = Q^*_{entrante} - Q^*_{saliente}$, siendo $Q^*_{entrante}$ y $Q^*_{saliente}$ los transportes de sedimento que entran o salen de la celda, a través de alguno de sus contornos y por tanto incluye tanto el transporte longitudinal ('Q' en la Figura 22.-) como el transversal ('q').
- ΔV es el volumen de arena acumulado o erosionado en dicho subtramo o celda durante un intervalo temporal Δt
- Δy es el avance o retroceso medio de dicho subtramo costero o celda en el intervalo Δt
- h es la altura de sedimento movilizado, que generalmente se toma como la suma de la profundidad activa $d_l = D_C$ (que se toma igual a 4,6 m de acuerdo con los resultados del apartado 4.2.1) y la altura de la berama de la playa seca $h_B = D_B$ (que en este casi se toma igual a 2,5 m, de acuerdo con los resultados del levantamiento batimétrico).

Realizando el sumatorio a lo largo de un determinado tramo costero se obtiene el volumen total de arena erosionado o acumulado en dicho tramo

$$\Delta Q = \Sigma \Delta V/\Delta t = \Sigma\ (\Delta x.\ \Delta y.h)/\ \Delta t$$

El volumen así calculado da idea de la cantidad de arena que o bien se ha ganado o bien se ha perdido en el balance sedimentario del tramo costero e incluye tanto el transporte longitudinal como el transversal.

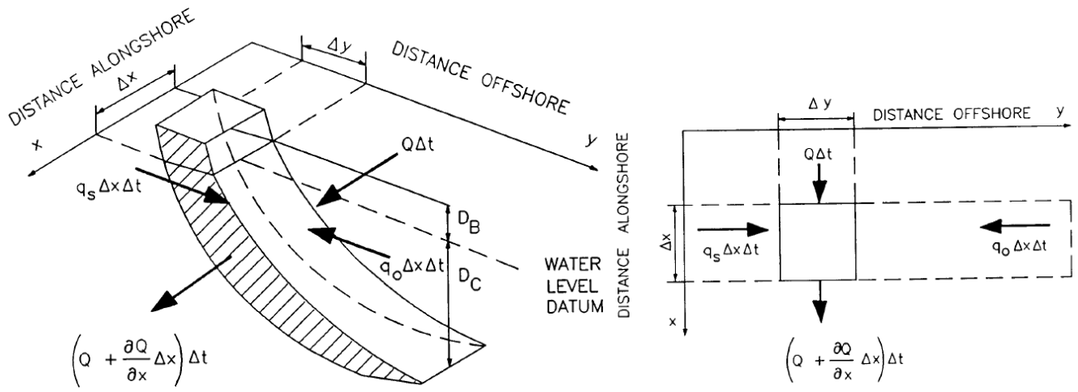


Figura 22.- Figura esquemática que representa la ecuación de conservación de la masa de sedimento. En este caso Q representa el transporte longitudinal y q el transversal. Fuente: US Army Corps of Engineers

Si no existen fuentes o sumideros de sedimento ese volumen de arena sólo ha podido ser movilizado por medio de la corriente litoral, por lo cual su valor se convierte en un mínimo de la capacidad real de transporte neto (además de dicho volumen es posible que se haya movilizado más arena a lo largo del tramo pero que haya "pasado de largo", y no pueda ser contemplada en el balance sedimentario).

Por tanto, este método resulta útil si se aplica a playas que estén en un importante estado de acreción o de erosión, ya que en playas en equilibrio dinámico la cuantificación del volumen erosionado o acumulado va a dar como resultado un valor prácticamente nulo y sin embargo el transporte longitudinal de sedimentos no lo será (lo cual corrobora que este método solamente ofrece un mínimo de la capacidad de transporte). En el caso que en el tramo costero exista una barrera total al transporte de sedimentos (p.e. un espigón o un dique portuario que supere la profundidad activa), la sumatoria de volúmenes debe realizarse desde este punto, en el que se aplica una condición de contorno Q = 0.

Si se asume que todo el transporte así calculado es de componente longitudinal, debe tenerse en cuenta que este procedimiento solamente permite obtener el transporte neto (es decir, teniendo en cuenta la dirección de transporte, de modo que se asigna un signo positivo o negativo en función de la dirección). Asimismo, conviene recordar las limitaciones y errores implícitos ya explicados en el apartado 5.1.

5.2.2 RESULTADOS OBTENIDOS

Se han empleado las restituciones fotogramétricas realizadas por el CEDEX de las fotografías aéreas de junio de 1947, junio de 1957, junio de 1965, julio de 1973, noviembre de 1977, junio de 1983 y febrero de

1995 (ver apartado 6.4.1, en el que se muestra la evolución de la línea de costa a lo largo de ese intervalo temporal), de modo que en este caso Δt es el tiempo transcurrido entre cada fotografía.

A levante de la zona de estudio se ubica el Puerto de Barcelona, que viene siendo una barrera total al transporte de sedimentos desde al menos el siglo XIX, por lo que es el punto ideal donde iniciar el cómputo de volúmenes erosionados y acumulados. En particular se empelará como perfil la ubicación del extremo sur del puerto de Barcelona en 1947 (que a principios del siglo XXI fue desplazada hacia el sur).

En la Figura 23.- se muestra el transporte longitudinal anual obtenido a partir de la evolución de la línea de costa desde la inicial, la de junio de1947 (es decir, los intervalos 1947-57, 1947-65, 1947-73, 1947-77, 1947-83 y 1947-95). Puede apreciarse que en todos los casos y en toda la unidad morfológica que el transporte es positivo (es decir con dirección E a W) con valores máximos entre 135.000 m³/año (1947-95) y 250.000 m³/año (1947-57). Además la forma de las curvas es bastante parecida en todos los intervalos. NEsrto es debido a que los resultados vienen muy condicionados por la línea de costa de 1947 (pues todos los intervalos considerados comienzan en esa fecha).

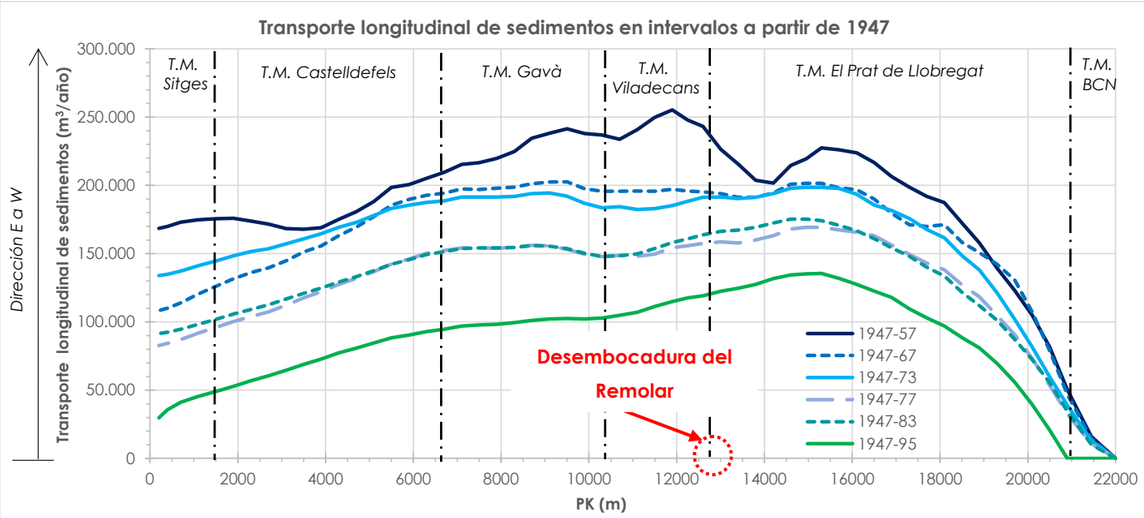


Figura 23.- Transporte longitudinal obtenido a partir de la evolución de la línea de costa desde 1947. Fuente: Marciglob

Por ese motivo se ha procedido a calcular el transporte longitudinal anual obtenido a partir de la evolución de la línea de costa en períodos consecutivos (es decir, los intervalos 1947-57, 1957-65, 1965-73, 1973-77, 1977-83 y 1983-95) y que se muestra en la Figura 24.- . Puede apreciarse que en este caso las formas de las curvas son bastante diferentes en cada intervalo incluso con valores negativos en el periodo 1977-83.

En esta gráfica se incluye también el promedio ponderado en función de la duración de cada intervalo (línea roja). Puede apreciarse que el transporte comienza con un valor Q_l = 0 junto al puerto de Barcelona (ya que se trata de una barrera total, tal como se ha explicado) y comienza a aumentar hasta alcanzar un máximo de 162.000 m³/año en el PK 15.000 (es decir, a unos 3.000 m del actual río Llobregat). A partir de este punto el transporte va disminuyendo (unos 150.000 m³ en la zona de proyecto) hasta alcanzar un mínimo de 50.000 m³/año junto a Port Ginesta. Hay que aclarar que se trata de valores medios del transporte, ya que hay épocas con transporte mayor y con transporte menor, en función del régimen de oleaje.

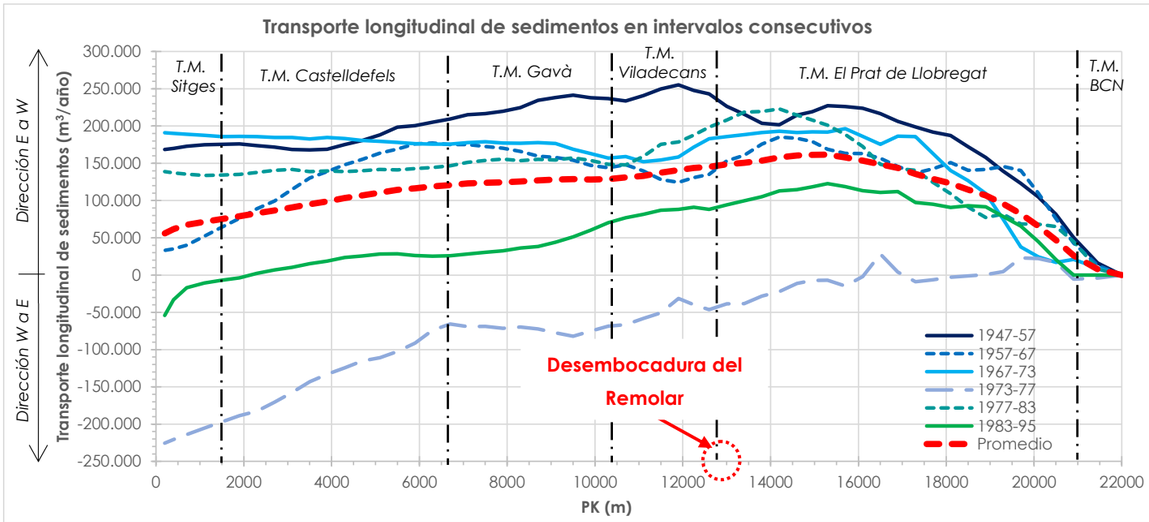


Figura 24.- Transporte longitudinal obtenido a partir de la evolución de la línea de costa en períodos consecutivos. Fuente: Marciglob.

5.3 CÁLCULO DEL TRANSPORTE A PARTIR DE VARIACIONES DE LA BATIMETRÍA

En el informe "Estudio de evolución de la playa del Prat de Llobregat 2007-2021" realizado por el IH Cantabria por encargo de la Autoritat Portuària de Barcelona, APB, se analiza la evolución de las zonas de extracción y de vertido de arena de las aportaciones periódicas que la APB viene realizando desde el año 2007 (ver más detalle sobre estas aportaciones en el apartado 6.

Por lo que respecta a las zonas de vertido de la arena (en los TTMM del Prat de Llobregat y de Gavà) se dispone de los levantamientos topo-batimétricos realizados periódicamente desde 2007 antes y después de cada aportación, así como los volúmenes de arenas vertidos en cada zona y procedentes del extremo sur de la playa sumergida, junto a Port Ginesta (ver ámbitos de los levantamientos en la Figura 25.-).

En el caso de las playas de Gavà, la comparativa de la topo-batimetría en todo el intervalo temporal entre mayo de 2016 y julio de 2021 indica una pérdida de arena (erosión) de V_1 = 550,677 m³. A esta cantidad también hay que añadir el volumen de material aportado durante ese período, que es V_2 =

129.478 m³. Por consiguiente, el volumen total de arena erosionado resulta ser $V = V_1 + V_2 = 680.155$ m³, lo cual indica un promedio anual de pérdida de arena de 680.155 m³/5,17 años = 131.558 m³/año.

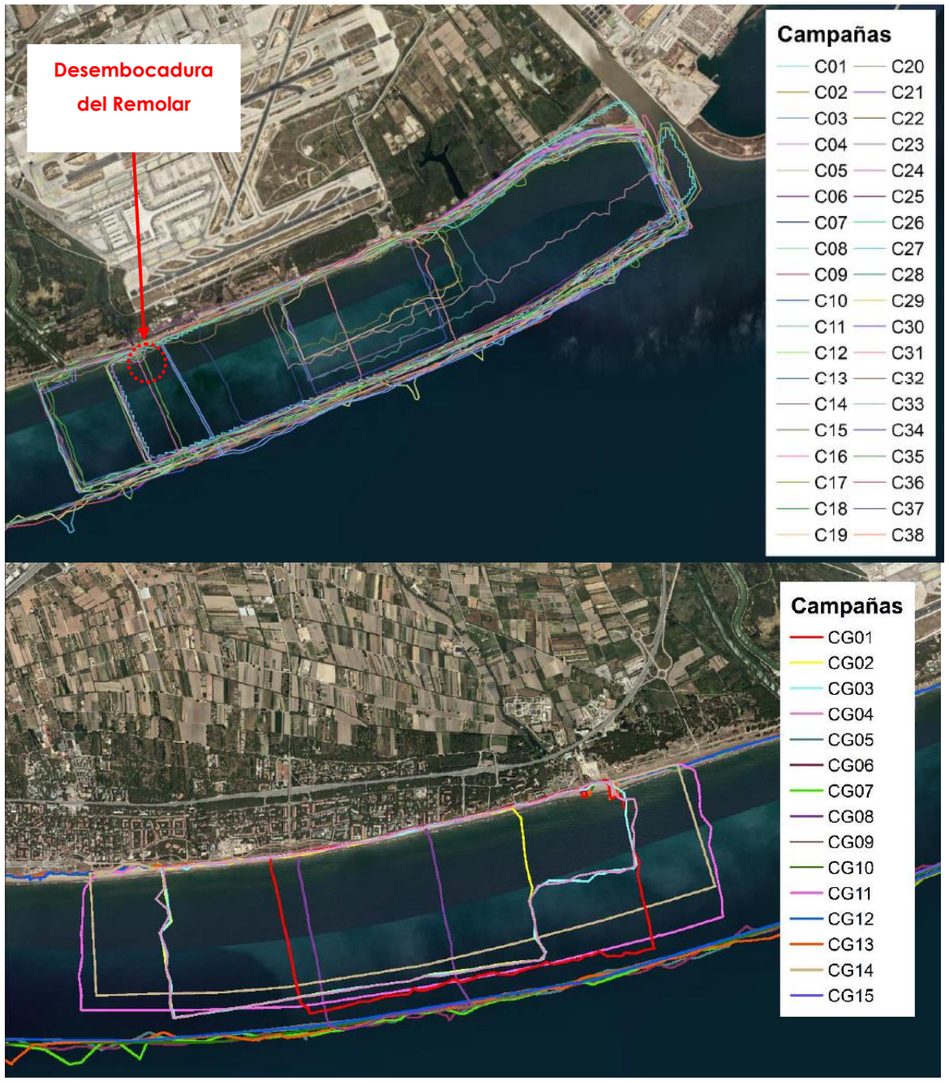


Figura 25.- Ámbitos de lo levantamiento topo-batimétricos realizados en las playas del Prat de Llobregat (imagen superior) y Gavà (imagen inferior). Fuente: IHC/APB

En el informe de IH Cantabria se apunta como uno de los causantes de dichas erosiones el efecto del temporal Gloria (enero de 2020) que provocó unas erosiones muy cuantiosas: 813.960 m³ en las playas del Prat de Llobregat y 918.719 m³ en las playas de Gavà, volúmenes que no se ha recuperado aún.

No obstante, si se analiza el período previo al temporal Gloria los resultados no se reducen tanto. Así, en las playas del Prat la diferencia de los levantamientos entre marzo de 2007 y abril de 2018 indica una pérdida de $V_1 = 5.700$ m³, cantidad a la cual hay que añadir el volumen aportado en ese período, $V_2 = 1.435.455$ m³, lo que supone una pérdida total de sedimento $V = V_1 + V_2 = 1.441.155$ m³, que implica un promedio anual de pérdida de arena de 1.441.155 m³/10,92 años = 131.974 m³/año (es decir, sólo un 25 % inferior que en el periodo 2006-2021).

En las playas de Gavà la diferencia de los levantamientos entre mayo de 2016 y abril de 2018 indica una pérdida de $V_1 = 268.740$ m³, cantidad a la cual hay que añadir el volumen aportado en ese período, $V_2 = 42.353$ m³, lo que supone una pérdida total de sedimento $V = V_1 + V_2 = 311.093$ m³, que implica un promedio anual de pérdida de arena de 311.093 m³/2 años = 155.547 m³/año, es decir, un valor incluso superior al del periodo 2006-2021 (un 18 %).

Realmente, estas pérdidas de sedimento son consecuencia por un lado del transporte litoral de la zona y por otro lado de que las aportaciones se realizaron con sedimento mucho más fino que el original de las playas (D_{50} = 0,11 a 0,21 mm frente a D_{50} = 0,22 a 0,35 mm), de manera que una parte significativa del material empleado en dichas aportaciones se haya perdido en el perfil sumergido debido a que no era estable en el perfil de playa. Además, el transporte longitudinal aumenta conforme el tamaño del sedimento disminuye (ver apartado 5.4.2.1.2) por lo que en la zona de las aportaciones el transporte longitudinal es superior al que correspondería en el caso de la arena nativa.

Por consiguiente, los valores anteriores no pueden ser considerados como representativos del transporte litoral de la arena nativa

5.4 CÁLCULO DEL TRANSPORTE LONGITUDINAL MEDIANTE FORMULACIONES ANALÍTICAS

5.4.1 INTRODUCCIÓI

El transporte longitudinal potencial de sedimentos puede expresarse en términos del volumen total de sedimento transportado, esto es, incluyendo los huecos entre partículas (Q_l) o en términos del peso sumergido de sedimento transportado (I_l), que se relacionan mediante la siguiente expresión:

$$I_l = (\rho_s - \rho) \bullet g \bullet (1-n) \bullet Q_l \qquad [N/s]$$

donde

- ρ_s es la densidad del sedimento (habitualmente 2.650 kg/m³, si bien en este caso los resultados de los análisis de las muestras obtenidas 'in situ' indican un valor de 2.630 kg/m³).
- ρ es la densidad del agua (habitualmente 1.025 kg/m³)
- n es la porosidad del sedimento (habitualmente n = 40 %, si bien en este caso los resultados de los análisis de las muestras obtenidas 'in situ' indican un valor n = 41,44 %).

Se habla de transporte potencial (o capacidad de transporte), ya que para producirse debe haber suficiente sedimento en el tramo de costa analizado y los eventuales obstáculos existentes en la costa

(espigones, diques, cañones submarinos…) no deben poder ralentizar o detener dicho flujo sedimentario.

5.4.2 PRINCIPALES FORMULACIONES EXISTENTES

5.4.2.1 Fórmula del CERC

5.4.2.1.1 Expresión general

Savage (1962) propuso una ecuación para el cálculo del transporte longitudinal, que posteriormente fue adoptada por el *U.S. Army Corp of Engineers* en el "*Coastal Design Manual*" (1966) y que pasó a ser conocida como la fórmula CERC. Posteriormente esta fórmula fue adaptada a los datos de campo disponibles e incluida en las versiones de 1977 y 1984 del "*Shore Protection Manual*" (SPM).

De acuerdo con esta formulación, el transporte de sedimento (en términos de peso sumergido (I_l) es proporcional a la componente longitudinal del flujo de energía del oleaje (P_l) de acuerdo con la expresión

$$I_l = K \bullet P_l \qquad [N/s]$$

De acuerdo con la teoría de Airy, el valor de P_l se define como

$$P_l = E_{br} \bullet C_{g,br} \bullet \text{sen}\theta_{br} \bullet \cos\theta_{br} \qquad [N/s]$$

donde

- E_{br} es la energía del oleaje evaluada en la zona de rotura: $E_{br} = \rho \bullet g \bullet H_{br}^2/8$,
- θ_{br} es el ángulo entre los frentes de oleaje y la batimetría en la zona de rotura y
- $C_{g,br}$ es la celeridad de grupo en la zona de rotura: $C_{g,br} = (g \bullet d_{br})^{1/2} = (g \bullet H_{br}/\gamma_{br})^{1/2}$

siendo γ_{br} el índice de rotura, es decir, la relación entre la altura de ola[2] en rotura (H_{br}) y la profundidad en la zona de rotura (d_{br}), es decir, $\gamma_{br} = H_{br}/d_{br}$. De acuerdo con Thornton y Guza (1983) para oleaje irregular definido en términos de altura de ola significante (H_s) puede considerarse $\gamma_{br} = 0{,}60$, mientras que si se trabaja con alturas de ola media cuadráticas (H_{rms}) puede tomarse $\gamma_{br} = 0{,}42$.

De este modo se tiene que

$$I_l = K \bullet P_l = K \bullet E_{br} \bullet C_{g,br} \bullet \text{sen}\theta_{br} \bullet \cos\theta_{br}$$

Asumiendo la hipótesis de aguas poco profundas en la zona de rotura, esta expresión puede reescribirse como

$$I_l = K \cdot \frac{\rho \cdot g^{3/2}}{16 \cdot \gamma_{br}^{1/2}} \cdot H_{br}^{5/2} \cdot \text{sen}(2 \cdot \theta_{br})$$

y por tanto

$$Q_l = K \bullet \frac{\rho \bullet g^{1/2}}{16 \bullet \gamma_{br}^{1/2} \bullet (\rho_s - \rho) \bullet (1-n)} \bullet H_{br}^{5/2} \bullet \text{sen}(2 \bullet \theta_{br})$$

que es la expresión mediante la cual se presenta habitualmente la conocida como fórmula del CERC.

5.4.2.1.2 Cuantificación del coeficiente K

Un parámetro fundamental al calcular el transporte longitudinal es el coeficiente K, pues relaciona de manera proporcional o lineal dicho transporte y la componente longitudinal del flujo de energía del oleaje[3]. A continuación, se presentan diferentes formulaciones existentes para determinar su valor.

Valor de K de acuerdo con el "Shore Protection Manual"

A partir del análisis de diferentes mediciones in situ, el "*Shore Protection Manual*" (ver Figura 26.-) estableció un valor $K_s = 0{,}39$ (en el caso que se utilicen las alturas de ola significantes), que equivaldría a $K_{rms} = 0{,}92$ (si se emplean las alturas de ola medias cuadráticas).

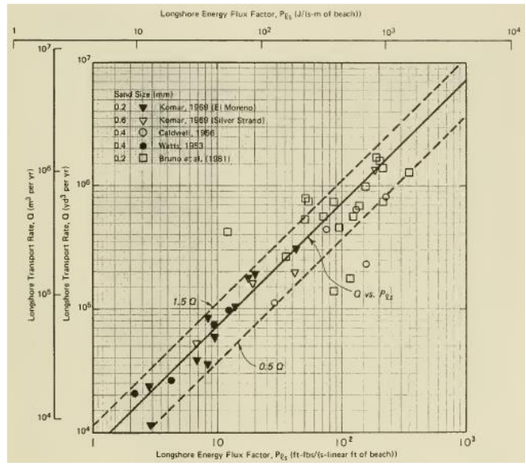


Figura 26.- . Relación entre I_l y P_l a partir de datos de campo. Fuente: *Shore Protection Manual,* 1984

Variación de K en función del parámetro de Iribarren

Kamphuis y Readshaw (1978) observaron una relación entre el valor de K y el número de Iribarren o *surf similarity parameter,* definido como

[2] Las alturas de ola que se emplean en esta formulación son o bien la altura de ola significante (H_s) o bien la altura de ola media cuadrática (H_{rms}).

[3] En función que en el cálculo de P_l se emplee H_s o H_{rms}, el valor del coeficiente K variará, pudiéndose distinguir entre K_s (si se utiliza H_s) o K_{rms} (si se emplea H_{rms}).

$$\xi_{br} = \tan\beta_{br}/(H_{s,br}/L_0)^{1/2}$$

donde $\tan\beta_{br}$ es la pendiente media entre la línea de orilla y la zona de rotura, $H_{s,br}$ es la altura de ola significante en rotura y L_0 es la longitud de onda en aguas profundas, definida como $L_0 = g \bullet T^2/(2 \bullet \pi)$

Según dichos autores se tiene que

$$K_s = 0{,}70 \bullet \xi_{br}$$

Variación de K en función del tamaño del sedimento

A partir de resultados de campo (ver Figura 27.-), Bailard (1981, 1984) desarrolló un modelo energético en el cual el coeficiente K_{rms} era función del ángulo de oleaje en rotura y de la relación entre la máxima velocidad orbital ($u_{m,br}$) y la velocidad de caída del sedimento (w_f) de acuerdo a la expresión

$$K_{rms} = 0{,}05 + 2{,}6 \bullet \mathrm{sen}^2(2 \bullet \theta_{br}) + 0{,}007 \bullet u_{m,br}/w_f$$

De acuerdo a la teoría de aguas poco profundas puede considerarse que $u_{m,br}=0{,}5 \bullet \gamma_{br} \bullet (g \bullet d_{br})^{1/2}$.

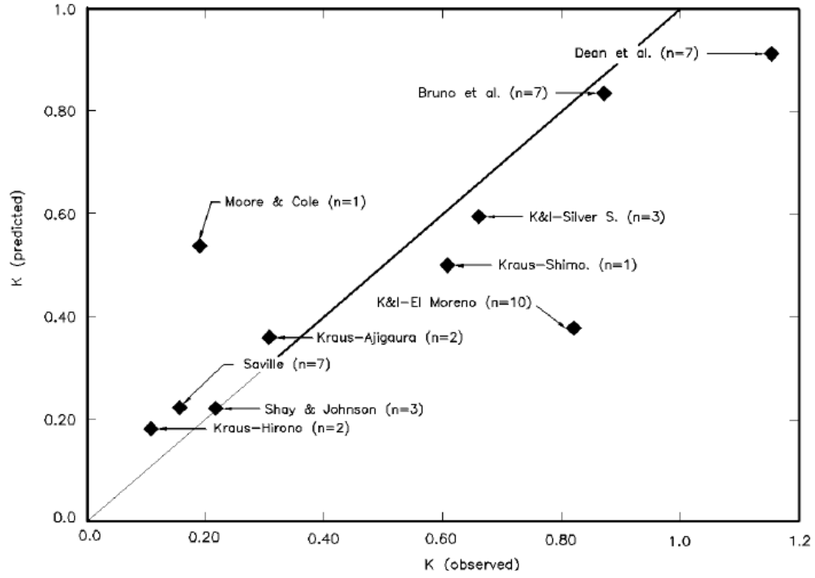


Figura 27.- Calibración del modelo de Bailard para la definición de K_s, Fuente: *Coastal Engineering Manual,* 2002

Por su parte Del Valle et al. (1993) presentaron una relación empírica entre el valor K_{rms} y el diámetro medio del sedimento (D_{50}) obtenida a partir de datos de Komar (1988) y datos propios del delta del río Adra (con valores entre 0,40 y 1,50 mm), tal como se muestra en la Figura 28.- .Dicha expresión es

$$K_{rms} = 1.4 \bullet \exp(-2{,}5 \bullet D_{50}) \qquad [D_{50} \text{ expresado en mm}]$$

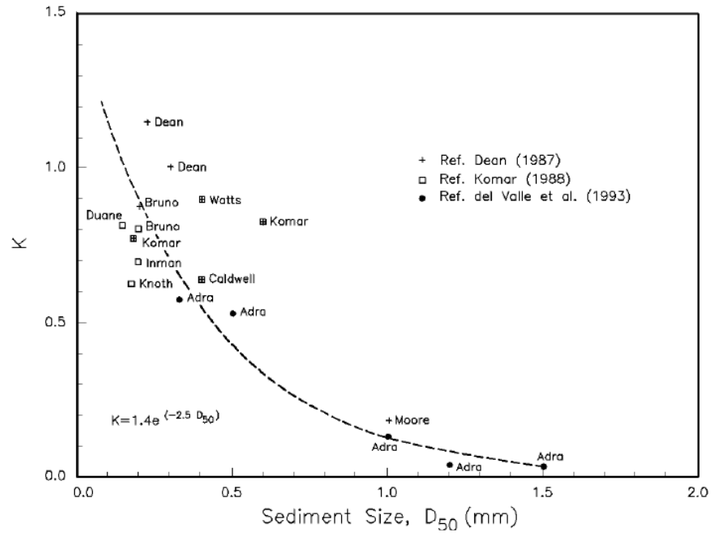


Figura 28.- Calibración del modelo de Del Valle para la definición de K_{rms}. Fuente: *Coastal Engineering Manual,* 2002

5.4.2.2 Fórmula de Kamphuis

Partiendo de una idea similar a la formulación del CERC y basándose en un análisis dimensional y calibraciones con datos de laboratorio y de campo, Kamphuis (1991) propuso la siguiente expresión para el cálculo del transporte longitudinal,

$$Q_l = \frac{0{,}0013}{(1-n)\bullet(\rho_s-\rho)} \bullet \frac{\rho \bullet H_{s,br}^3}{T_p} \bullet \tan^{0,75}\beta_{br} \bullet \left(\frac{H_{s,br}}{L_0}\right)^{-1,25} \bullet \left(\frac{H_{s,br}}{D_{50}}\right)^{0,25} \bullet \mathrm{sen}^{0,6}(2 \bullet \theta_{br}) \qquad [m^3/s]$$

donde T_p es el período pico del oleaje y el resto de los parámetros son los mismos que se emplean en la fórmula del CERC.

Por consiguiente, esta expresión tiene en cuenta simultáneamente la pendiente de la playa y el tamaño medio del sedimento, que como se ha visto anteriormente, son dos de los parámetros que influyen en el valor del transporte de sedimentos, por lo que sus resultados deberían ser más realistas que las anteriores fórmulas.

5.4.2.3 Fórmula de Van Rijn

A partir de datos de laboratorio, de campo y resultados numéricos, Van Rijn (2001) definió la siguiente expresión para el cálculo del transporte longitudinal

$$Q_l = K_0 \bullet K_{swell} \bullet K_{grain} \bullet K_{slope} \bullet H_{s,br}^{2,5} \bullet V_{eff,L}/[(1-n) \bullet \rho_s] \qquad [m^3/s]$$

donde

- $K_0 = 42$

- K_{swell} es el factor de corrección para oleaje swell, definido como K_{swell} = 1 para oleaje de viento y $K_{swell} = T_{swell}/T_{ref}$ para oleaje de fondo (con H_s < 2 m), siendo T_{ref} = 6 s.
- K_{grain} es el factor de corrección del tamaño de sedimento, definido como $K_{grain} = D_{50,ref}/D_{50}$, siendo $D_{50,ref}$ = 0,20 mm (para D_{50} > 2 mm se debe tomar el valor mínimo $K_{grain,min}$ = 0,10).
- K_{slope} es el factor de corrección de la pendiente, definido como $K_{slope} = (\tan\beta/\tan\beta_{ref})^{1/2}$, siendo $\tan\beta_{ref}$ = 0,01 y $\tan\beta$ la pendiente media de la playa entre la línea de costa y la isobata d = -8 m y con unos valores límites $0,75 \leq K_{slope} \leq 1,25$.
- $V_{eff,L}$ es la velocidad longitudinal efectiva de la corriente en la zona media de surf debida tanto al oleaje como a la marea, definida como $V_{eff,L} = (V_{wave,L}^2 \pm V_{tide,L}^2)^{1/2}$. Si ambas componentes tienen la misma dirección el signo es positivo y en caso contrario el signo es negativo, siendo

  - $V_{wave,L}$ la componente de la velocidad longitudinal de la corriente inducida por la rotura del oleaje y definida como $V_{wave,L} = 0,3 \bullet (g \bullet H_{s,br})^{1/2} \bullet \mathrm{sen}(2 \bullet \theta_{br})$.
  - $V_{tide,L}$ la componente de la velocidad longitudinal de la corriente inducida por la marea y que toma un valor de 0 m/s en caso que no haya marea; 0,1 m/s para micro-mareas; 0,3 m/s para meso-mareas y 0,5 m/s para macro-mareas.

Por consiguiente, esta expresión tiene en cuenta simultáneamente la pendiente de la playa y el tamaño medio del sedimento y la existencia de corrientes longitudinales debidas a la marea por lo que sus resultados deberían ser más realistas que las anteriores.

La experiencia del equipo redactor en el empleo de estas formulaciones indican que la formulación del CERC con la K obtenida de la expresión de Bailard da lugar a valores excesivamente altos, mientras que los resultados obtenidos con de K de la expresión de Kamphuis y Readshaw presenta el inconveniente de no tener en cuenta el tamaño del sedimento, Por todo ello es recomendable emplear la formulación del CERC con la K obtenida de la expresión de Del Valle, la formulación de Kamphuis y la formulación de Van Rijn.

5.4.3 IMPLEMENTACIÓN DE LAS FÓRMULAS

Todas las fórmulas anteriores han sido empleadas para efectuar el cálculo del transporte potencial o capacidad de transporte longitudinal de sedimentos, para lo cual se ha utilizado el programa matemático **LONGTRANS,** desarrollado por MARCIGLOB.

Los datos de partida de dicho programa son:

- Alineación media de la costa (ζ).
- Características del sedimento: densidad (d = 2,65 t/m³) , porosidad (n = 35 %) y tamaño medio (variable de un perfil a otro de acuerdo a lo indicado en el apartado 3.2.2).
- Pendiente media de la playa a lo largo de toda la zona de rotura.
- Velocidad longitudinal neta de la corriente de marea.
- Registro temporal de los valores locales de H_s y T_p.y D_m. (se han empleado los registros de oleaje transferidos hasta los puntos P-2 a P-19 en el Anejo nº 3 con un alcance temporal entre 1958 y 2022).

todo ello de acuerdo, al criterio de signos mostrado en la Figura 29.- .

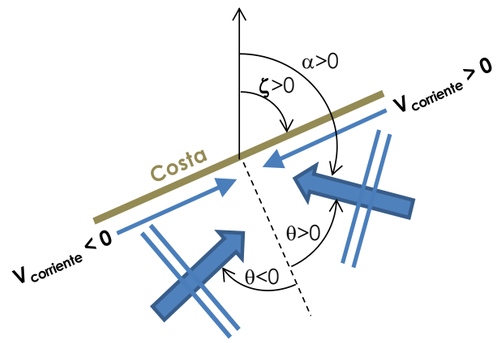


Figura 29.- Criterios de signo del programa LONGTRANS. Fuente: Marciglob

5.4.4 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE LONGITUDINAL

5.4.4.1 Resultados de estudios anteriores

Se ha podido recopilar los resultados de diferentes estudios previos en los que se evaluó la capacidad de transporte litoral cerca de la zona de estudio.

[1] "Estudio de evolución de la playa del Prat de Llobregat tras la ampliación del Puerto de Barcelona" (Tecnocean / Ayuntamiento del Prat de Llobregat; 2005).

[2] *"Llibre verd de l'estat de la zona costanera a Catalunya"* [en catalán] (Centre Internacional de Recerca de Recursos Costaners, CIIRC / Generalitat de Catalunya; 2008)

[3] "Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa. Lote nº 1. Demarcación Hidrográfica de Cataluña" (Prointec / Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar; 2011)

[4] "Estudio de evolución de la playa del Prat de Llobregat 2007-2014" (IH Cantabria / Autoritat Portuària de Barcelona, APB; 2015[4])

En la referencia [1] se efectuó una modelación de la evolución de la línea de costa con el modelo GENESIS, que, entre otros resultados, permite obtener la tasa de transporte longitudinal neto a lo largo de la zona de estudio durante el tiempo de simulación (ver Figura 30.- para la situación tras la ampliación del puerto de Barcelona y después de una modelización de 20 años). Se aprecia que en la zona de actuación (desembocadura del Remolar) del Prat de Llobrgat el transporte longitudinal neto es de unos 100.000 m³/año.

[4] En las actualizaciones de dichos informes con fechas de 2019 y 2021 el cálculo de transporte incluido es el mismo.

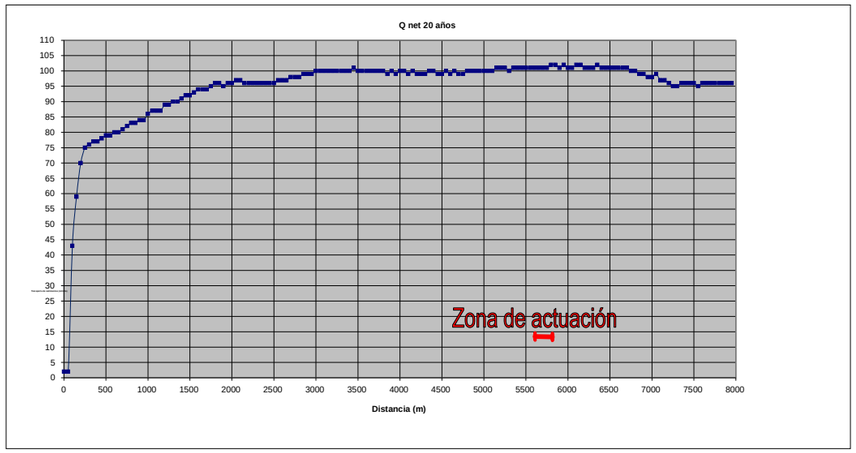


Figura 30.- Transporte longitudinal neto en el tramo de costa en el que se encuentra la desembocadura objeto de este proyecto (que se marca en rojo), tras 20 años de modelización. Fuente: Tecnocean / Ayto. del Prat De Llobregat

En la referencia [2] se calculó analíticamente la tasa de transporte neto longitudinal empleando las fórmulas del CERC y de Kamphuis y se obtuvieron los resultados de la Figura 31.- . En el tramo objeto de estudio se obtienen unos valores de capacidad de transporte longitudinal que van desde los 68.000 con dirección NE a SW a los 100 m³/año, es decir, muestra una gran variabilidad.

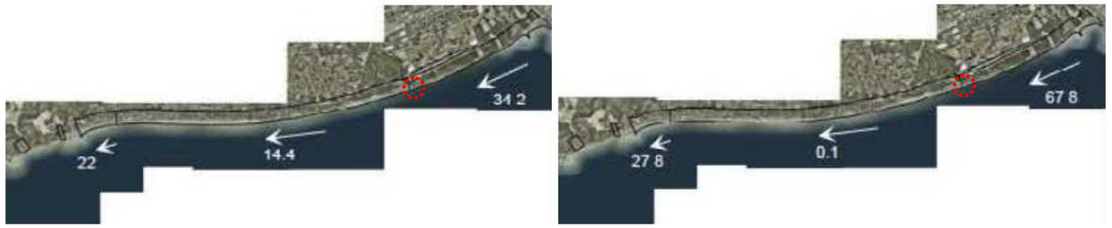


Figura 31.- Transporte longitudinal neto en la unidad fisiográfica en la que se encuentra la zona de estudio (que se indica con un círculo rojo) según el *"Llibre verd de l'estat de la zona costanera a Catalunya"*; Izquierda: fórmula de Kamphuis; derecha: fórmula del CERC. Fuente: CIIRC / *Generalitat de Catalunya*

En la referencia [3] se calculó analíticamente la tasa de transporte neto longitudinal empleando la fórmula del CERC y se obtuvieron los resultados que se muestran en la Figura 33.- , con una capacidad de transporte longitudinal en el tramo de costa en el que se encuentra la desembocadura objeto de estudio unos 30.000 m³/año en dirección E a W.

Finalmente, en la referencia [4] se calculó analíticamente la tasa de transporte neto longitudinal empleando la fórmula del CERC empleando la expresión de Del Valle para la obtención del parámetro K (como se ha explicado en el apartado 5.4.2.1.2). Los resultados se muestran en la Figura 34.- y pueden apreciarse valores en la zona de actuación de unos 52.000 m3 y, con un promedio a lo largo de todo el tramo en el que se encuentra la zona de estudio de 135.000 m³/año.

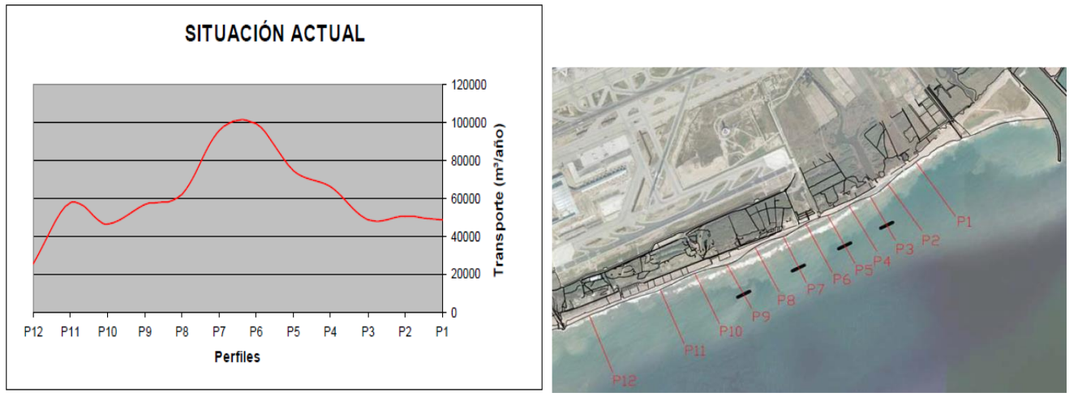


Figura 32.- Transporte longitudinal neto en la playa del Prat de Llobregat obtenido numéricamente. Fuente: Prointec / ATLL

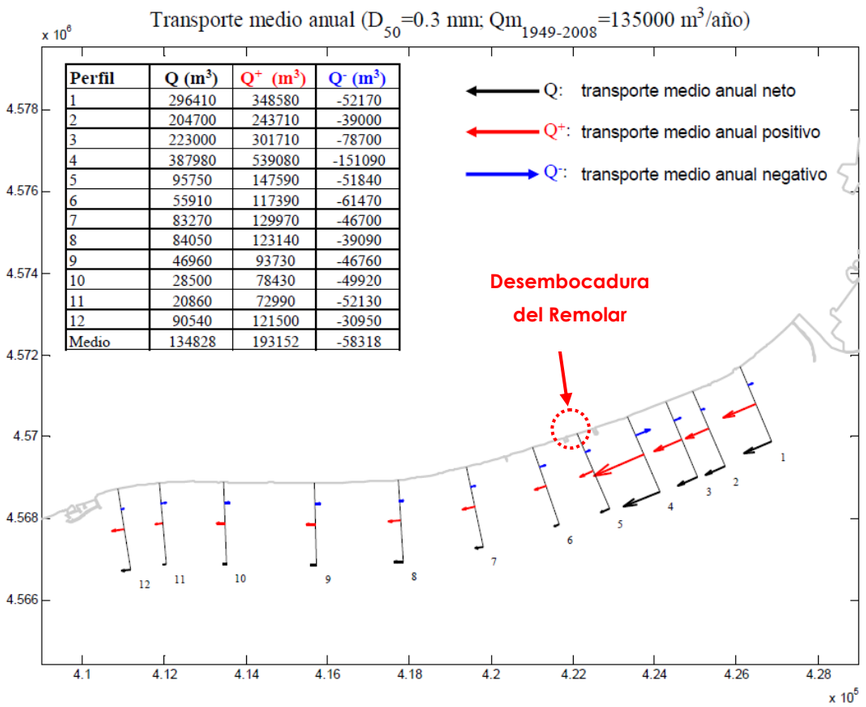
Figura 33.- Transporte longitudinal neto en la zona según el documento "Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa". Fuente: Prointec / Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar

5.4.4.2 Resultados obtenidos específicamente para este estudio

Mediante el programa LONGTRANS (ver apartado 5.4.3) se ha procedido a calcular el transporte potencial en la zona de estudio empleando diferentes formulaciones: CERC (empleando la K propuesta por Kamphius& Readshaw y la K propuesta por Del Valle), Kamphuis y Van Rijn. Las 3 últimas tienen en cuenta el tamaño de sedimento por lo que a priori deberían dar resultados más realistas y han sido las utilizadas.

Los cálculos se han realizado a lo largo de 18 perfiles (P-2 a P-19) empleando la base de oleaje completa (1958-2022) propagada hasta dichos puntos y la información granulométrica de 2019, por ser más completa y ligeramente más desfavorable (menores D_{50} dan lugar a mayores valores de Q_l).

La Figura 35.- muestra los resultados obtenidos/el PK = 0 se sitúa en el perfil P-1, es decir, en el espigón del río Llobregat), pudiéndose a apreciar que la fórmula del CERC con K de Del Valle es la que da lugar a valores mayores (en general, más del doble). Los valores positivos indican dirección de transporte de E a W y los negativos W a E.



Perfil	Q (m³)	Q⁺ (m³)	Q⁻ (m³)
1	296410	348580	-52170
2	204700	243710	-39000
3	223000	301710	-78700
4	387980	539080	-151090
5	95750	147590	-51840
6	55910	117390	-61470
7	83270	129970	-46700
8	84050	123140	-39090
9	46960	93730	-46760
10	28500	78430	-49920
11	20860	72990	-52130
12	90540	121500	-30950
Medio	134828	193152	-58318

Figura 34.- Transporte longitudinal neto en la zona. Fuente: IH Cantabria / APB

Para comprobar que el cálculo es correcto se ha efectuado una comparación con los resultados obtenidos en el Estudio del IH Cantabria, que empleó también dicha formulación pero con un tamaño de grano D_{50} = 0,30 mm.

En la Figura 36.- puede apreciarse que teniendo en cuenta las diferencias en la obtención de los resultados (empleo de diferentes bases de datos de oleaje, de diferentes batimetrías para hacer la propagación del oleaje, etc.) los resultados son razonablemente parecidos con la excepción del PK 5+000 donde los cálculos de IHC detectan un pico de Q_l extraordinariamente alto (de hecho es la zona donde se consigue el máximo) mientras que en los cálculos de Marciglob sí se detecta un máximo local pero mucho más moderado (el valor de casi 400.000 m³/año en dicho PK así como su rápida variación longitudinal es de difícil justificación). Por tanto, se considera que los cálculos realizados son correctos.

Para decidir acerca del empleo o no de los resultados obtenidos con la formulación del CERC con la K de Del Valle (DV)se ha efectuado el promedio de Q_l con las 3 formulaciones que tienen en cuenta el tamaño del sedimento y con solamente las de Kamphuis (K) y Van Rijn (VR), que se muestra en la Figura 37.- . Obviamente el promedio de las 3 da lugar a valores de Q_l superiores y representa una buena envolvente de las formulaciones de Kamphuis y Van Rijn.

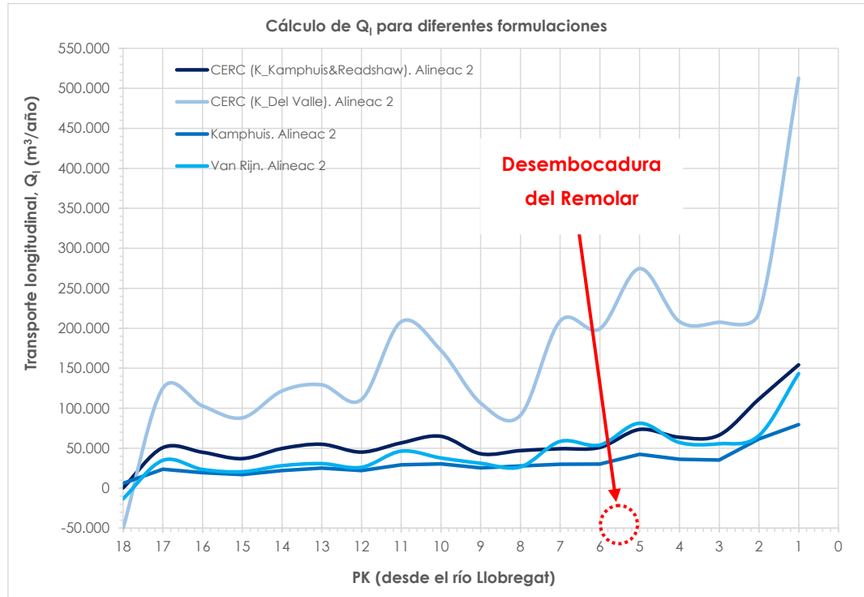


Figura 35.- Comparación de la capacidad de transporte longitudinal neto para diferentes formulaciones. Fuente: Marciglob

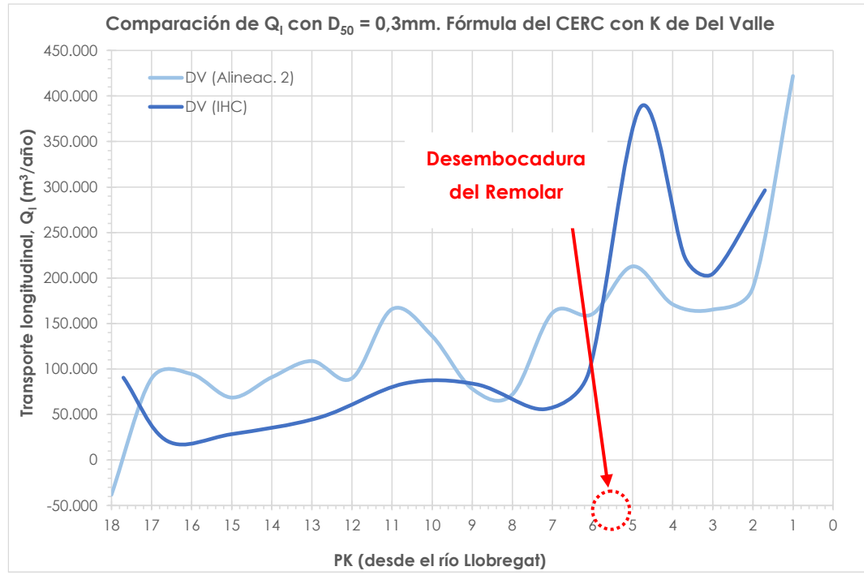


Figura 36.- Comparación de la capacidad de transporte longitudinal neto obtenido mediante la fórmula de CERC con la K propuesta por Del Valle. Fuente: Marciglob

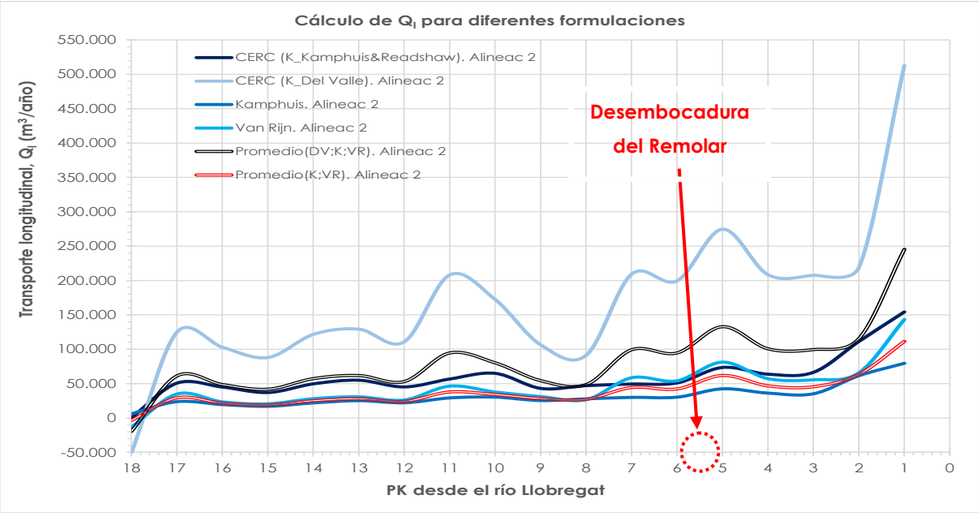


Figura 37.- Comparación de la capacidad de transporte longitudinal neto para diferentes formulaciones y promedios asociados. Fuente: Marciglob

Se han comparado los cálculos realizados con los resultados de otros estudios disponibles (ver apartado 5.4.4.1) y los obtenidos a partir del modelo numérico EROS del programa SMC (ver apartado 5.5) y a partir de la evolución histórica de la línea de costa (ver apartado 5.2.2), que se resume en la Figura 38.- . Como se ha explicado, las metodologías de cálculo empleadas en los cálculos analíticos en cada caso son diferentes (empleo de fórmulas analíticas, programa SMC, programa GENESIS…) lo cual da lugar a una lógica dispersión de resultados

El promedio de las 3 formulaciones implementadas por Marciglob (línea negra continua gruesa) da lugar a valores consistentes con los obtenidos en los estudios de Tecnocean y Prointec y especialmente el desarrollado por Marciglob en el apartado 5.5 (realizados con modelos numéricos) y con los valores obtenidos de la evolución histórica de la línea de costa, mientras que a partir del PK 5+000 el promedio de sólo 2 de las formulaciones implementadas por Marciglob (línea negra discontinua gruesa) cuadra más con los valores del *Llibre Verd* y de la Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa, si bien en ambos casos el cálculo de Q_l fue más simplificado.

<u>Se concluye que el promedio de las 3 formulaciones</u> (CERC con K propuesta por Del Valle; Kamphuis y Van Rijn) <u>parece reproducir mejor la realidad y será el considerado en el proyecto</u>, siendo el valor obtenido en el tramo de costa en el que se ubica la zona de proyecto de 100.000 m³/año. Cabe añadir que en los 2 primeros kilómetros (zona dominada por la difracción del oleaje en el espigón de la margen derecha del río Llobregat) los valores obtenidos a partir de las formulaciones analíticas dan lugar a valores sensiblemente mayores que los obtenidos de los modelos numéricos o del análisis histórico de la línea de costa; esto es debido a que las formulaciones no reproducen adecuadamente el efecto de la difracción.

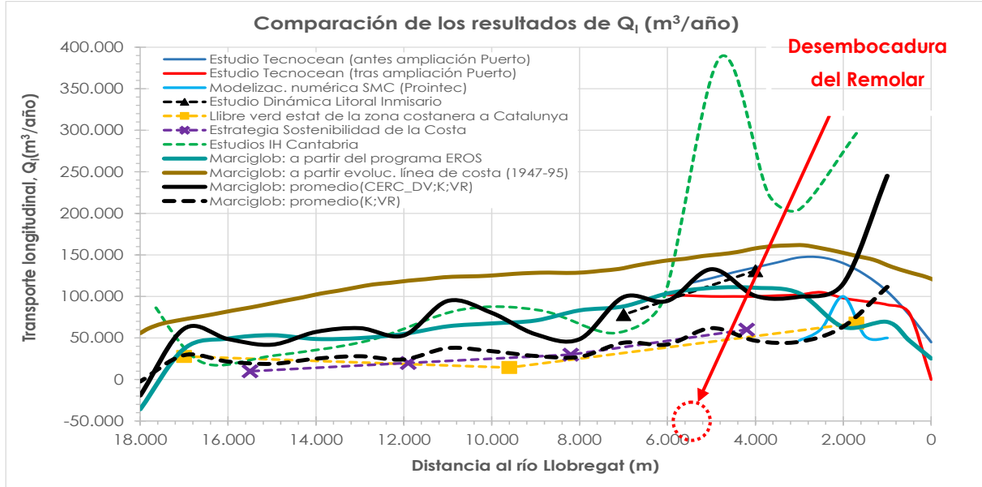


Figura 38.- Comparación de los valores del transporte longitudinal obtenidos por diferentes metodologías y fuentes de información. Fuente: Marciglob

Finalmente se ha analizado la variabilidad interanual de Q_l. Como se dispone de la base completa de oleaje entre 1958 y 2022 transferida a los diferentes puntos de control, se ha efectuado el cálculo de Q_l por años y perfiles. En la Figura 40.- se muestra dicha variabilidad en 18 perfiles de la unidad morfológica en la que se encuentra la zona de estudio a diferentes distancias del río Llobregat, en el que los valores positivos indican dirección E a W y los negativos W a E.

El análisis estadístico de estos resultados ha permitido obtener los valores máximo, medio y mínimo de Q_l en el período analizado (1958 – 2022), así como los límites superior e inferior de la Banda de Confianza del 90 %, que se muestran en la Figura 39.- .

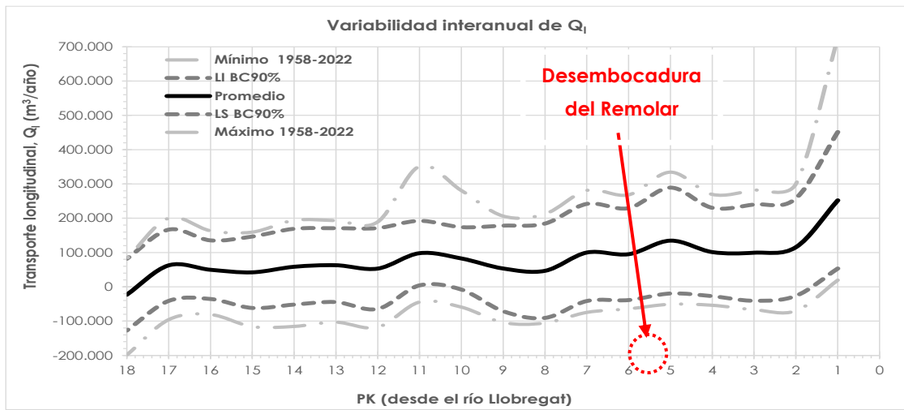


Figura 39.- Variabilidad interanual de Q_l a lo largo de la zona de estudio. Fuente: Marciglob

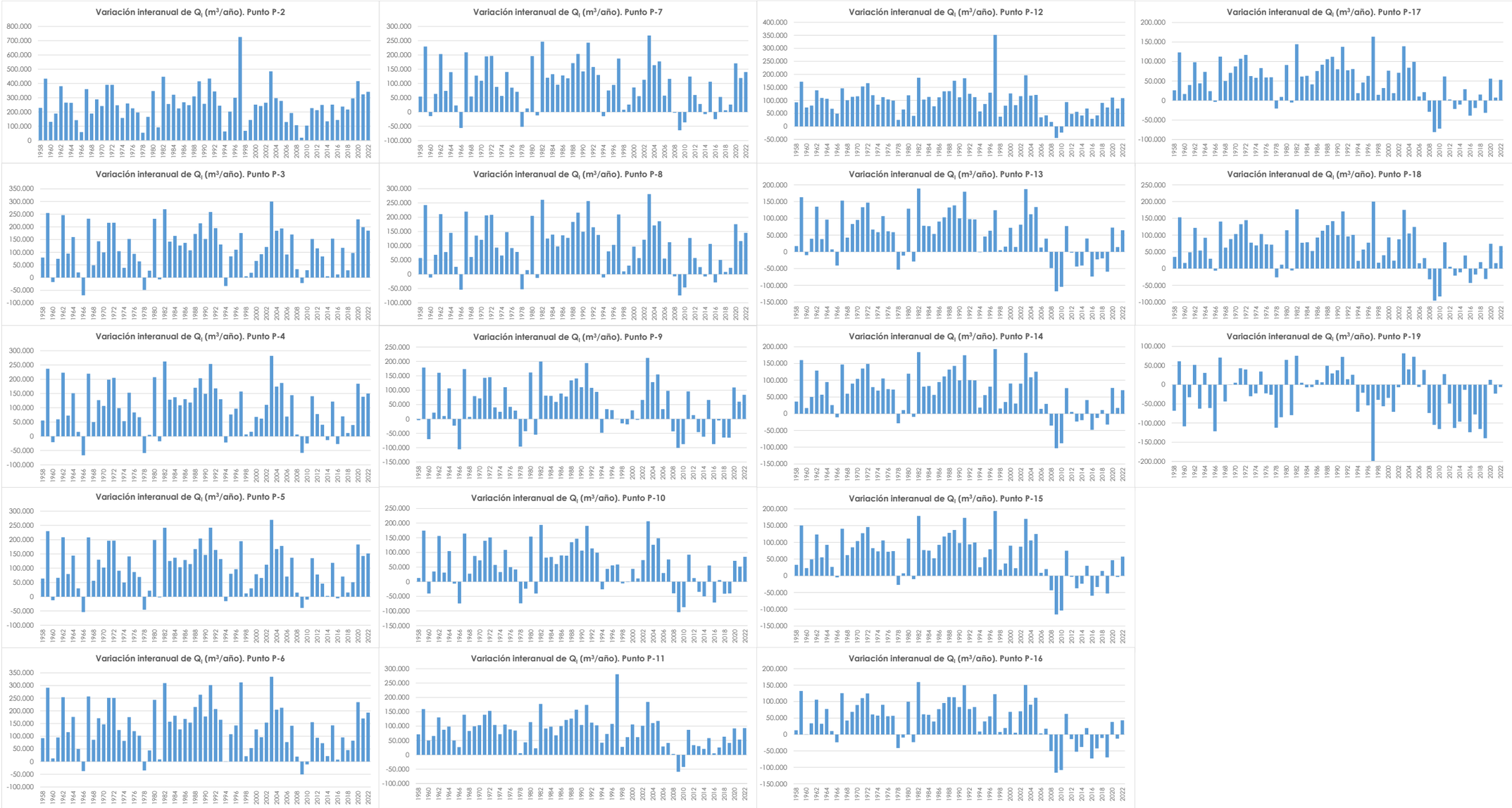


Figura 40.- Variación interanual de Ql en todos los perfiles (ordenados de arriba abajo y de izquierda a derecha). Fuente: Marciglob

<u>Se concluye que existe una variabilidad interanual muy significativa</u> y que la probabilidad de que en ciertos años el transporte medio invierta su dirección habitual de E a W no es despreciable.

5.5 CÁLCULO DEL TRANSPORTE MEDIANTE MODELADO NUMÉRICO

Dada la complejidad de la morfodinámica en la zona de rompientes, existe una metodología que permite calcular con mayor aproximación el transporte de sedimentos en las zonas costeras. Dicha metodología consiste en la determinación de los patrones de propagación y rotura del oleaje, la obtención de los tensores de radiación, el cálculo de las corrientes de oleaje a partir de dicho tensor y, finalmente, el transporte de sedimentos inducido conjuntamente por oleaje y corrientes.

Todo ello se ha realizado en el sistema playero de estudio, mediante el programa Sistema de Modelado Costero (**SMC**); desarrollado por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (G.I.O.C.) de la Universidad de Cantabria, para la antigua Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente.

5.5.1 CONCEPTOS PREVIOS SOBRE EL MODELO UTILIZADO

La utilización de un modelo numérico es un procedimiento muy útil para el cálculo del transporte sedimentario, ya que es una herramienta muy potente y relativamente poco costosa que permite obtener la capacidad teórica de transporte de forma rápida y fiable. De todas maneras, estos modelos deben ser siempre validados y calibrados correctamente para obtener resultados satisfactorios. Actualmente en la ingeniería marítima los modelos numéricos son recientes y están en periodo de perfeccionamiento, entre ellos los modelos acerca de la dinámica sedimentaria son los que se encuentran en menor desarrollo.

La modelización del transporte sedimentario se ha realizado con el módulo **EROS** (modelo bidimensional y horizontal de evolución morfológica de una playa). El programa EROS forma parte del Modelo integral de evolución MOrfológica de una PLAya debida a la acción del oleaje y a las corrientes de rotura (**MOPLA**), el cual, a su vez se engloba en el modelo de análisis a corto plazo de playas del programa SMC. El concepto "corto plazo" debe entenderse como la escala temporal de validez del modelo (horas – días). Es decir, estos modelos son útiles para simular el comportamiento de una playa sometida a la acción de un determinado estado de mar y no tanto para estimar el funcionamiento de una playa durante un plazo de meses o años. El modelo EROS es un modelo numérico que resuelve las ecuaciones del flujo de sedimentos dentro de la zona de rompientes, así como los cambios en la batimetría asociados a las variaciones espaciales del transporte de sedimentos. Este modelo requiere como datos de entrada los siguientes:

- Campo del oleaje (calculados con el módulo OLUCA, también perteneciente al MOPLA).
- Campo de corrientes inducidas por la rotura del oleaje (calculado con el modelo COPLA, también perteneciente al MOPLA).
- Datos de características del sedimento de las playas.

Los campos del oleaje y de corrientes se presentan en el Anejo nº 3 del Proyecto, en el que se ha efectuado la propagación de diferentes casos de oleaje espectral, con las direcciones características de la zona (ENE, E, ESE, SE, SSE S, SSW y SW) y con unas alturas de ola correspondientes al oleaje morfológico (aquel que tiene la misma energía que todas las olas de un determinado sector direccional) y al excedido 12 h/año (y cuyos valores de H_s y T_p se muestran en el Anejo nº 3). El tamaño de sedimento introducido en el modelo es el que se corresponde con el tamaño medio (D_{50}) de las arenas existentes en el sistema susceptibles de ser incorporadas al transporte litoral, que en este caso son del orden de 0,27 mm (ver apartado 3.2.2).

Con el modelo se obtienen resultados sobre el vector transporte de sedimentos en todo el dominio de cálculo, que permite cuantificar magnitudes y sentido del transporte. Para ello se aplica el modelo de Soulsby-Van Rijn (1997), que es una expresión analítica experimental que aproxima de manera bastante aproximada a la formulación para ola-corriente de van Rijn, evaluando tanto el transporte por fondo como por suspensión sobre fondo horizontal (se considera el efecto de la pendiente por fondo en el inicio del transporte). Se ha tomado para los cálculos una viscosidad de remolino de 8 m^2/s. Para la aplicación del modelo, las ecuaciones se resuelven mediante un método de diferencias finitas sobre una malla rectangular.

5.5.2 RESULTADOS DEL MODELO NUMÉRICO

Los resultados gráficos del modelo numérico referente al transporte potencial de los 8 escenarios de oleaje analizados se incluyen en el Apéndice 1 de este anejo. De su análisis se desprende lo siguiente:

- Los oleajes del ENE, E, ESE y SE producen un transporte longitudinal de sedimentos de E a W (si bien en el caso del SE en la zona más oriental se detectan zonas con transporte que tienen una componente transversal más acusada, asociado a corrientes de retorno que se producen por una incidencia del oleaje prácticamente ortogonal a la costa).
- Los oleajes del SSW y SW producen un transporte longitudinal de sedimentos de W a E.
- En los oleajes del SSE el transporte es indefinido en la parte oriental del tramo de costa (consecuencia de la aparición de corrientes de retorno) pero tienen componente E a W en la parte occidental, mientras que en los oleajes del S el transporte es indefinido en la parte occidental del tramo de costa pero tienen componente W a E en la parte oriental,
- Los oleajes que provocan un mayor transporte son el ESE y el SW.
- Los patrones por direcciones son muy parecidos para el oleaje morfológico y para el oleaje excedido 12 h/año si bien en este último caso el transporte es obviamente mucho mayor.
- En general los patrones solamente indican transporte longitudinal, salvo para los oleajes del SSE y S que al incidir ortogonalmente a la playa generan corrientes de retorno (en la mitad oriental en el primer caso y en la mitad occidental en el segundo).

En la Figura 41.- se muestran sendos ejemplos que ilustran lo anterior.

Figura 41.- Arriba: patrón con transporte de E a W en todo el tramo de costa (la ubicación de la desembocadura del Remolar se indica en rojo); en medio: patrón con transporte de W a E en todo el tramo de costa; abajo: patrón con transporte longitudinal y transversal (corrientes de retorno). Fuente: Marciglob

Se ha realizado la integración espacial del campo de transporte de sedimentos (que presenta unidades de $m^3/h/m$) a lo largo de los perfiles transversales P-1, P-1', P-2 a P-19 (situados a unas distancias del espigón del río Llobregat de 0, 500, 1000, 2.000, 3.000… 17.000 y 17.800 m), estando la desembocadura del estanque del Remolar a 5.700 metros del espigón del río Llobregat. A los transportes con dirección E a W se les ha asignado el signo positivo y a los transportes con dirección W a E el signo negativo, de modo que un transporte neto positivo indica dirección E a W.

Los resultados se muestran en la Figura 42.- .

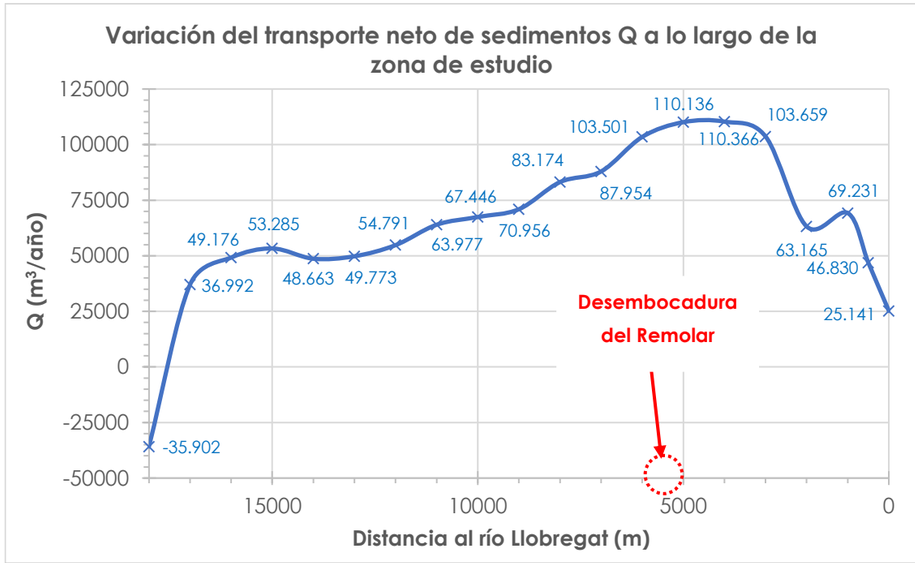


Figura 42.- Resultados del transporte neto de sedimentos obtenido con el programa EROS. Fuente: elaboración propia

Debe tenerse en cuenta que este tipo de modelos de "corto plazo" son muy dependientes de la batimetría empleada en la modelación, de manera que cambios significativos en la misma pueden suponer diferencias considerables en los resultados. Por todo ello su extrapolación para efectuar valoración a medio/largo plazo (por ejemplo, en la cuantificación del transporte medio anual) debe realizarse con cierta cautela. No obstante, tal como se ha visto en la Figura 38.- en este caso los resultados del modelado numérico cuadran bastante bien con los obtenidos mediante otras metodologías.

Finalmente se ha obtenido la variación del transporte de sedimentos perpendicularmente a la línea de costa a lo largo de los diferentes perfiles considerados (P-1 a P-19). Los resultados se muestran en la Figura 43.-

Cabe comentar la reducción local del transporte que se produce alrededor del perfil P-3, donde se tiene un valor Q ~ 63.000 m^3 /año cuando una interpolación de los perfiles P-1' y P-3 indicaría un valor de unos 90.000 m^3/año. Esta reducción, entorno al 30%, es debida a la presencia en esta zona de un escollerado longitudinal, con una profundidad en su pie entre -1,5 y -2,0 m, de manera que no puede desarrollarse todo el perfil de transporte (como puede apreciarse en la curva correspondiente al perfil P-3 en la imagen izquierda de la Figura 43.- .

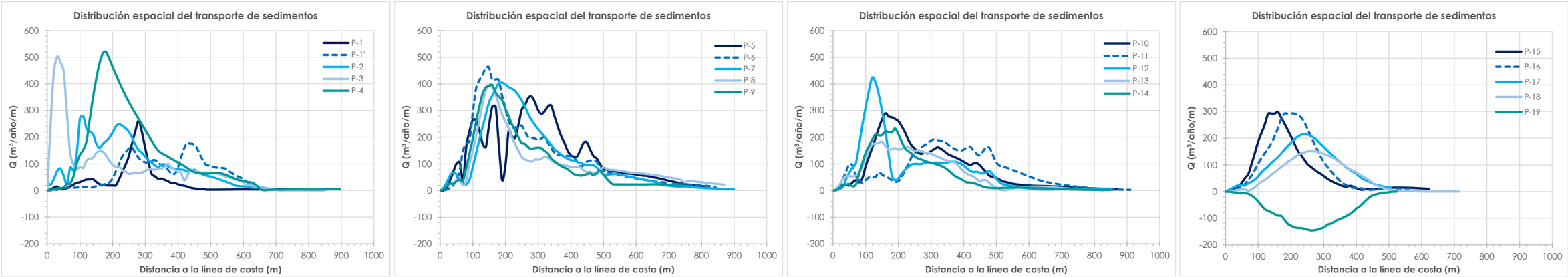


Figura 43.- Variación del transporte de sedimentos perpendicularmente a la línea de costa. Fuente: Marciglob

5.6 COMENTARIOS RESPECTO AL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

5.6.1 TRANSPORTE LONGITUDINAL

El cálculo teórico del transporte longitudinal a partir de formulaciones (CERC, Kamphuis, Van Rijn…) tiene la limitación de tratarse de un transporte siempre potencial sin tener en consideración las condiciones locales tanto de la batimetría como de la línea de costa (disponibilidad real de la arena, existencia de obstáculos como espigones, escolleras, etc.). Además debe tenerse en cuenta la variabilidad temporal de esta capacidad de transporte en función de la energía del oleaje incidente cada año.

No obstante, la comparación de diferentes metodologías de cálculo (formulaciones analíticas, modelado numérico, evolución de la línea de costa) son bastante consistentes entre sí, lo que permite concluir un valor de transporte neto Q_{neto} en el tramo de costa en el que se ubica la desembocadura del Remolar de unos **100.000 m³/año.**

En cuanto al alcance espacial de este transporte longitudinal, en la Figura 44.- se compara el campo vectorial de transporte de sedimentos para dos oleajes con altura de ola morfológica y con altura $H_{s12,}$)(en particular los asociados a las direcciones ESE y SW que son lo más intensos en ambas direcciones E a W y W a E) y la profundidad activa, representada con una línea de color cian discontinua (es decir, aquella a partir de la cual el transporte longitudinal deja de ser significativo y en cuyo cálculo se emplea H_{s12}, tal como se vio en el apartado 4.2.1). En el Apéndice 1 se muestran todos los escenarios climáticos considerados.

Puede comprobarse que en el caso del oleaje morfológico la zona con transporte (colores amarillos y marrones y vectores) se encuentran dentro de la zona denominada 'litoral' (definida entre la línea de costa y la profundidad activa), pero que en el caso de los temporales asociados a una excedencia de 12 h/año parte del transporte longitudinal se va más allá de la profundidad activa.

5.6.2 TRANSPORTE TRANSVERSAL

Al tratarse de un modelo integral, el módulo COPLA debería permitir obtener no solamente la componente longitudinal sino también la transversal (más allá de los vórtices detectados para los oleajes menos oblicuos, SE y SSE, tal como ya se ha visto). No obstante, los patrones muestran un comportamiento prácticamente longitudinal, sin apreciarse un patrón transversal entre la playa seca y la sumergida, como suele suceder durante los temporales, lo cual no significa que este transporte transversal no se produzca y sea el causante de erosiones en las playas durante dichos temporales, que son recuperadas parcialmente por los oleajes de primavera y verano.

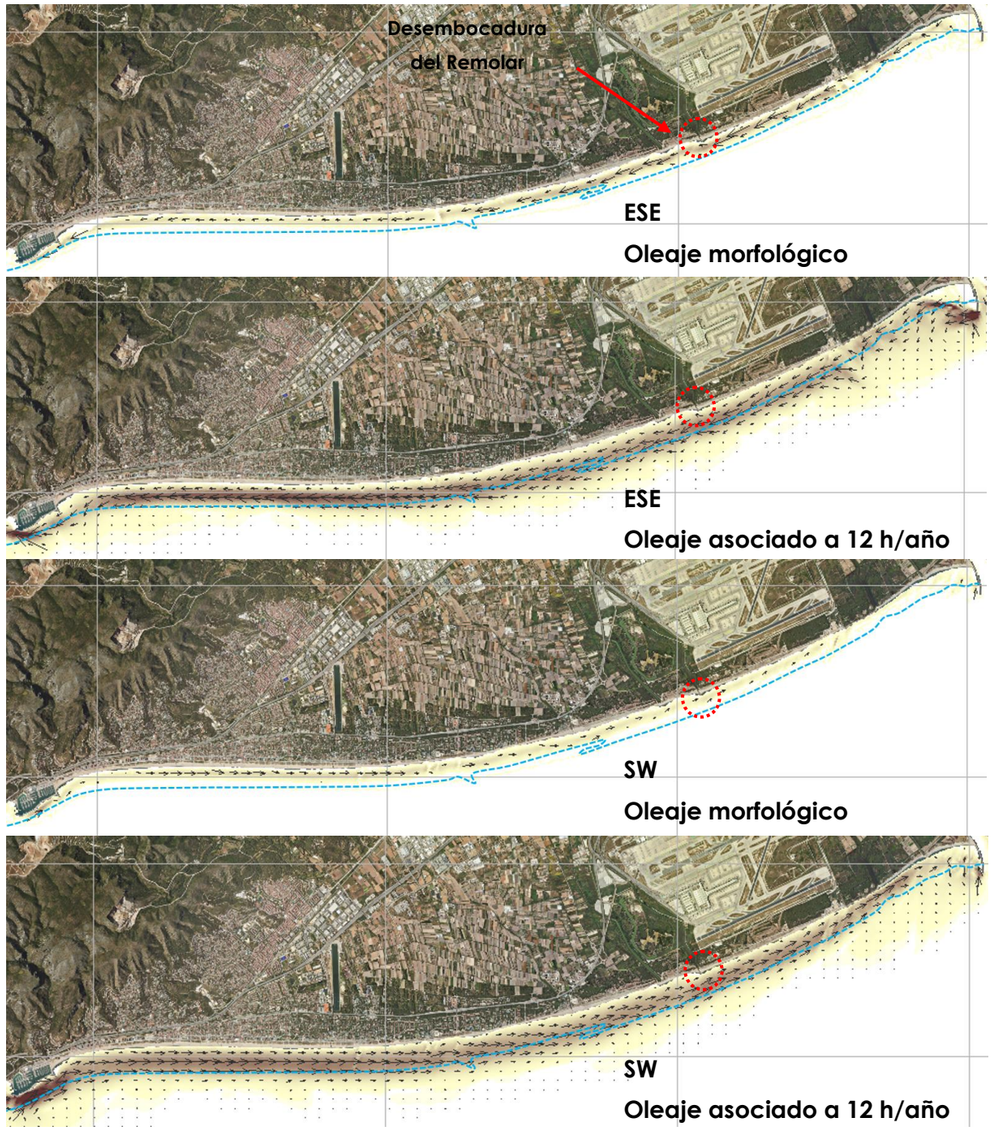


Figura 44.- Comparación de la profundidad activa (línea de color cian discontinua) con el patrón de transporte de sedimentos asociados al oleaje morfológico y al asociado a 12 h/año para las direcciones ESE y SW. Fuente: Marciglob

6. EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA Y BALANCE SEDIMENTARIO

6.1 PUNTOS DE REFERENCIA

En las cercanías de la zona de proyecto se encuentra la casa de la familia Moragas construida en los años 20 del siglo XX, un búnquer de la Guerra Civil, las instalaciones creadas para el campo de aviación de La Volatería en 1916 (Figura 52.-), su camino de acceso, un embarcadero y el antiguo pantalán de hidroaviones, que también fue utilizado para transporte de gravas para las obras del aeropuerto.

Figura 45.- Ubicación de la casa de la familia Moragas, construida a principios del S XX. Fuente: Maciglob y Google (2023).

Figura 46.- Izquierda: El pantalán de hidroaviones en 1971, demolido en los años 90 del S XX. Derecha: Restos del pantalán, año 2024. Fuentes: SACE (modificada por Marciglob) y Marciglob.

Figura 47.- Casa de la familia Moragas Fuente: Marciglob.

Figura 48.- Búnquer de la Guerra Civil. Fuente: Marciglob.

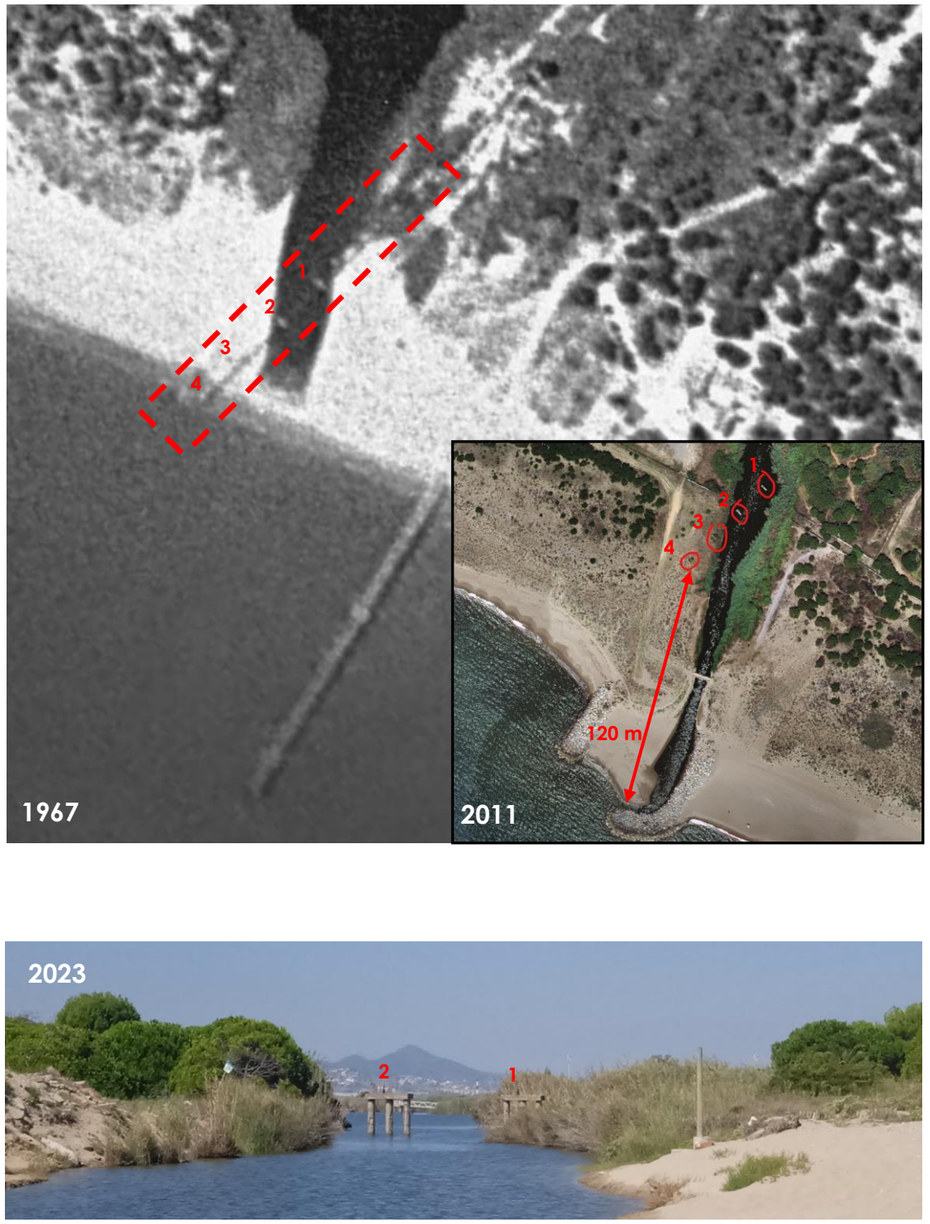


Figura 49.- Desembocadura del Remolar. Pasarela del embarcadero apoyada sobre pilotes en los años 60 del siglo XX (arriba, en rojo), y sus restos (pilotes) en 2011 (arriba, derecha) y 2023 (abajo). Fuente: Marciglob a partir de material gráfico del ICGC (arriba) y Marciglob (abajo).

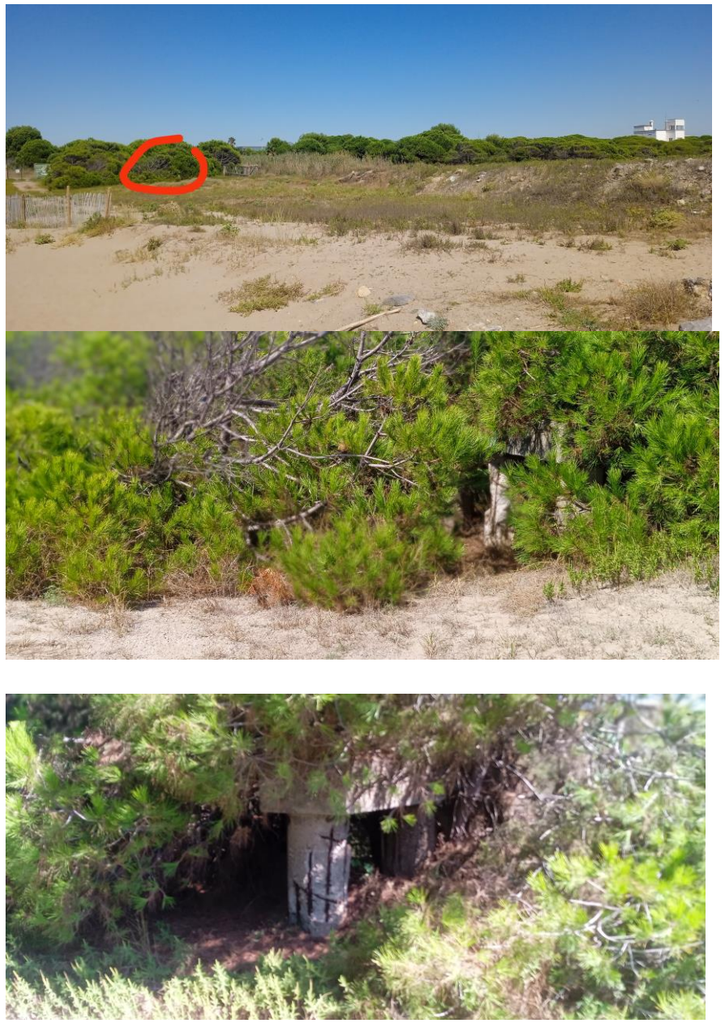


Figura 50.- Desembocadura del Remolar. Posición del grupo de pilotes marcado con el número 4 en la figura anterior (en rojo, figura superior) en 2024. Fuente: Marciglob.

6.2 EVOLUCIÓN DEL ANCHO DE PLAYA EN EL TRAMO DE COSTA EN LA ZONA DE PROYECTO Y SUS CERCANÍAS EN BASE A FOTOGRAFÍAS AÉREAS CENITALES (1929-1999)

Las siguientes imágenes muestran las distancias a la línea de costa desde la casa de la familia Morgas y la ubicación aproximada de la residencia de personal del Ejército del Aire en los años 1945, 1957, 1977, 1999 y 2024. En las imágenes puede apreciarse cómo el ancho de playa aumenta constantemente desde el año 1957 hasta el año 1999, cuando se estabiliza esa anchura.

El aumento del ancho de la playa en la zona en la que desagua la riera con respecto a su ancho primigenio (Figura 51.- Figura 58.-) tiene como consecuencia entre otras una mayor dificultad en el desagüe de la misma.

Figura 51.- La zona de proyecto de la desembocadura del estanque del Remolar en 1929. Fuente: ICGC.

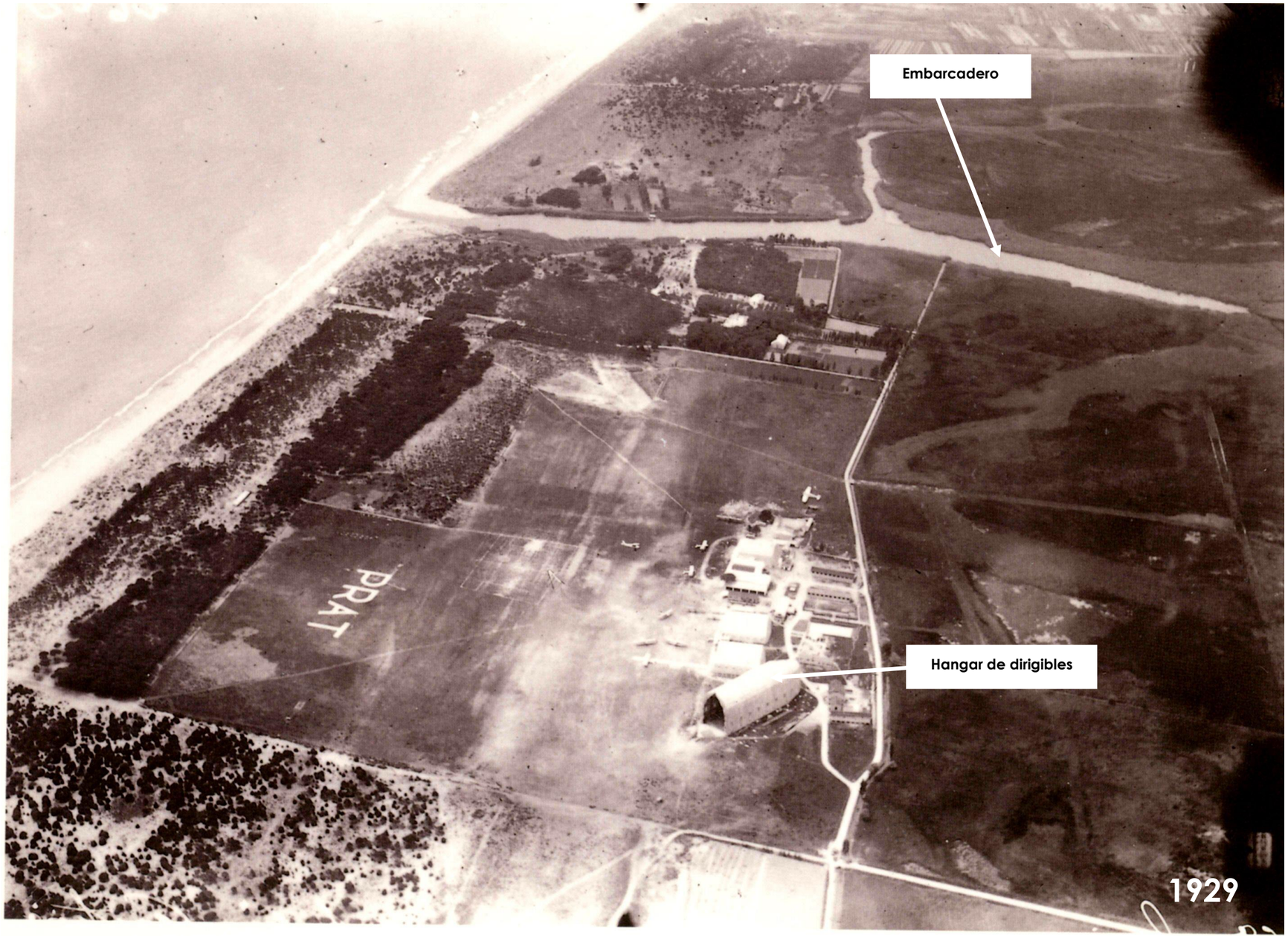


Figura 52.- La desembocadura del Remolar, la marisma de las Filipinas y en primer plano el **campo de aviación de la Volatería** (de la empresa "Pujol Comabella i Companyia", que más tarde se llamó "Talleres Hereter), cuyo vuelo inaugural fue en 1916. El aeródromo pasó a manos de la Armada en 1921 y se trasladó a los terrenos del actual aeropuerto en los años 40 del siglo XX. Fuente: Marciglob a partir de material gráfico del Archivo Histórico del Ejército del Aire.

Figura 53.- Minuta municipal, posiblemente de los años 20 del siglo XX, con la desembocadura de El Remolar, la marisma de las Filipinas y el **campo de aviación de la Volatería** que se empezó construir en 1916 El aeródromo se trasladó a los terrenos del actual aeropuerto en los años 40 del siglo XX.. La zona de proyecto de la desembocadura del estanque de la Ricarda en 1929. Fuente: IGN.

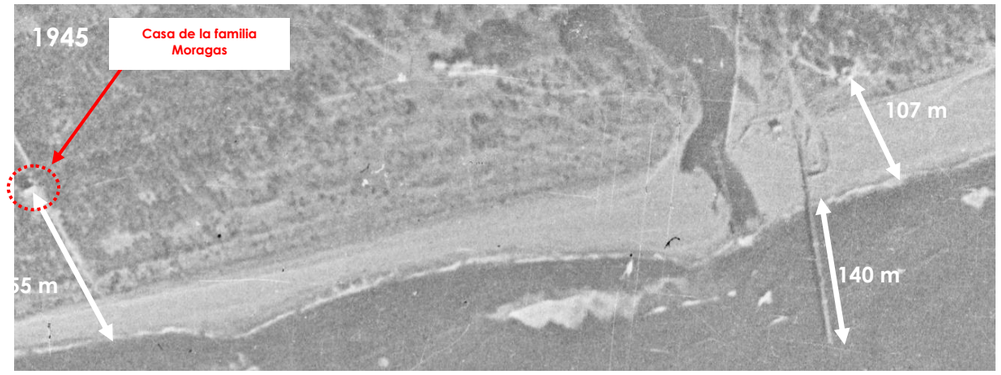


Figura 54.- Año 1945 (febrero). Imagen de la zona de proyecto y de la actual ubicación de la riera de Sant Climent. Fuente: ICGC y Marciglob.

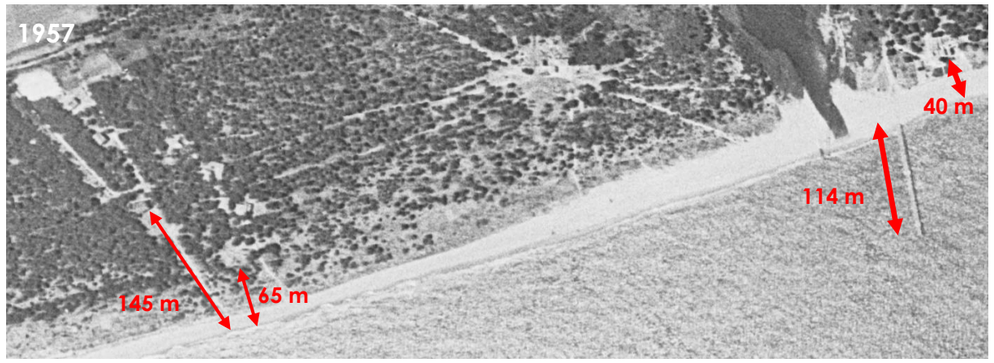


Figura 55.- Año 1957 (junio). Imagen de la zona de proyecto y de la actual ubicación de la riera de Sant Climent. Fuente: ICGC y Marciglob.

Figura 56.- Año 1977 (agosto). Imagen de la zona de proyecto y de la actual ubicación de la riera de Sant Climent. Fuente: ICGC y Marciglob.

Figura 57.- Año 1999 (julio). Imagen de la zona de proyecto y de la actual ubicación de la riera de Sant Climent. Fuente: ICGC y Marciglob.

Figura 58.- La zona de proyecto y de la actual ubicación de la riera de Sant Climent. Fuente: ICGC y Marciglob.

6.3 EVOLUCIÓN DE LAS ACTUACIONES ANTRÓPICAS EN LA ZONA DE PROYECTO EN BASE A FOTOGRAFÍAS AÉREAS CENITALES (1946-1999), OBLICUAS (AÑOS 60-1980) Y ORTOFOTOGRAFÍAS (2001-2024)

Las siguientes imágenes , que corresponden a las fechas que se indican, permiten apreciar la evolución de la zona de proyecto y sus alrededores. Cabe sostener en base a las mismas que:

- La playa en la zona de proyecto ha ido aumentando progresivamente de ancho, lo que incrementa la longitud de la salida Remolar en más de 100 m (Figura 49.- , y Figura 54.- Figura 58.-) alterando la hidrodinámica del canal de salida. Al aumento del ancho de playa se une la formación de una playa encajada entre los espigones (sección 4.1.2.3).

- Parte de los cauces de la marisma de las Filipinas y el que desagua en la cabecera del estanque del Remolar fueron ampliados y se excavaron algunas pequeñas dársenas a finales de la década de los 50 y durante la década de los 60 del siglo XX.

- Hasta los años 90 del siglo XX junto al espigón del lado NE de la riera se encontraba un pantalán de hidroaviones, utilizado también para transporte de gravas para las obras del aeropuerto. La configuración actual de la riera de Sant Climent data de principios de los años 90 del siglo XX.

- Las desembocaduras del estanque del Remolar tuvo una primera protección de escollera con forma de embudo/cono construida en los años 60 del siglo XX. La configuración actual con espigones curvos data de principios de los años 90 del siglo XX.

Figura 59.- Vistas aéreas cenitales de los espacios del estanque del Remolar y de la marisma de las Filipinas en 1946, antes de la mayoría modificaciones antrópicas. Fuente: ICGC.

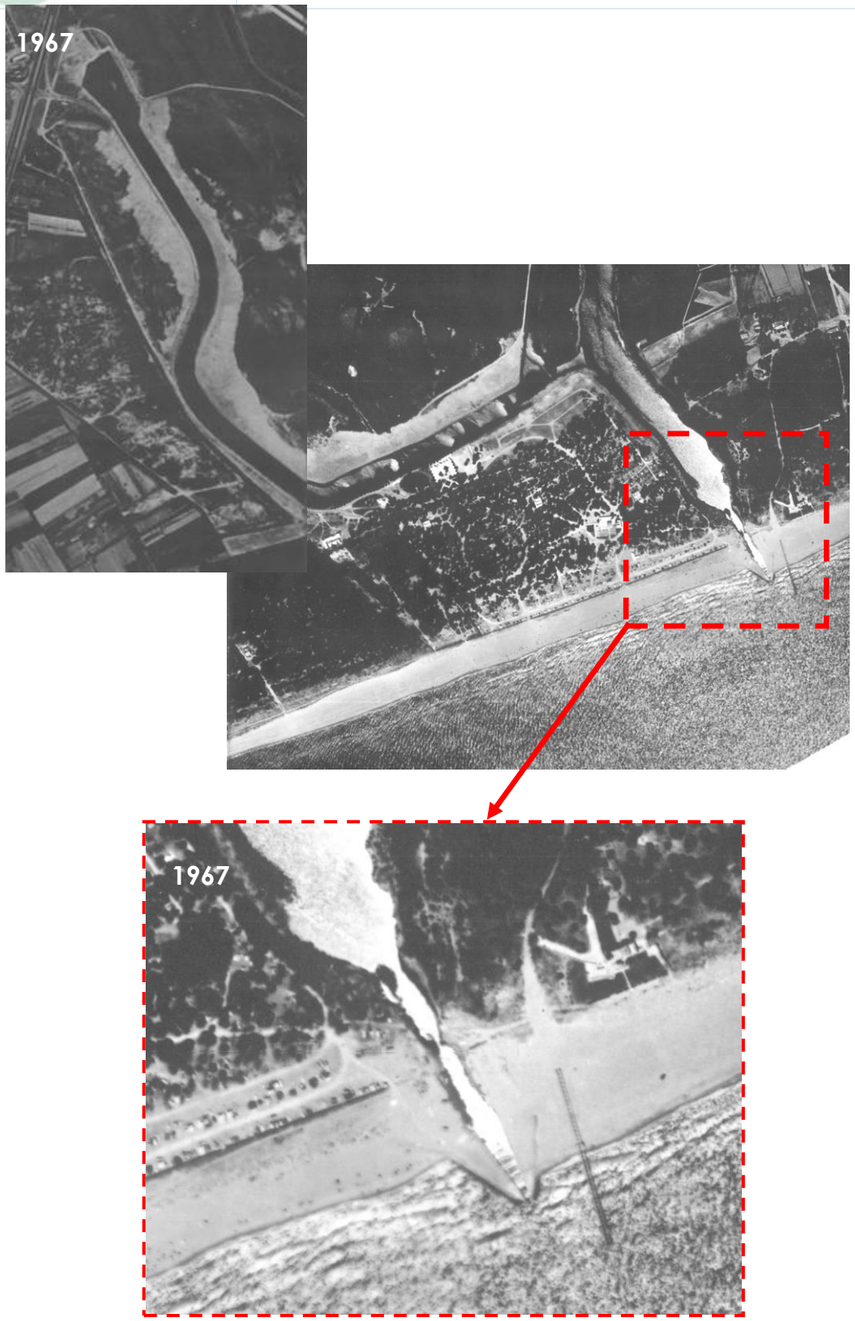


Figura 60.- Vistas aéreas cenitales de los espacios del estanque del Remolar (ya con modificaciones antrópicas), y detalle de la desembocadura del estanque del Remolar ya con escollera . Fuente: Diputación de Barcelona e ICGC.

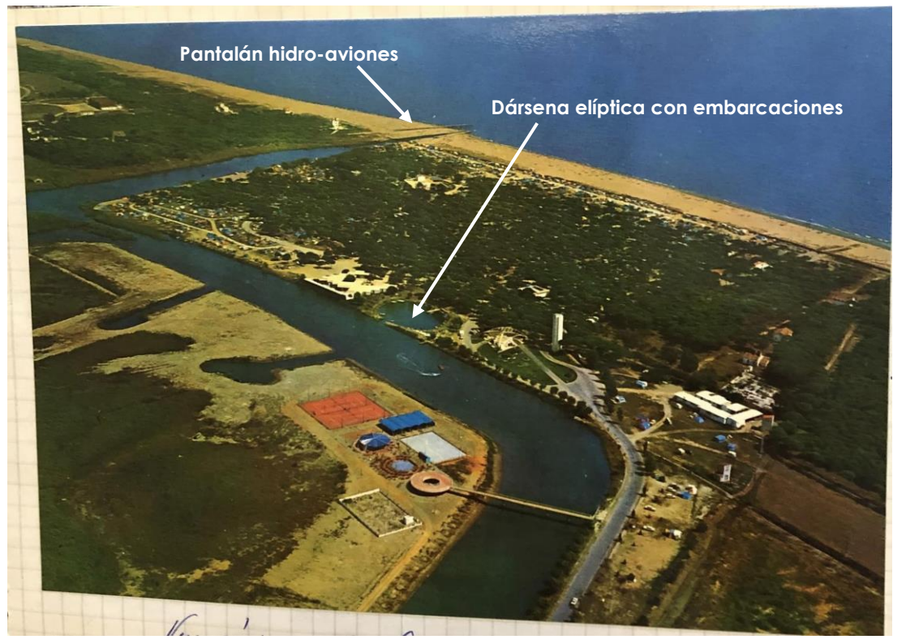


Figura 61.- Vistas aéreas de los espacios del estanque del Remolar y de la marisma de las Filipinas posiblemente en los años 60 del S XX, con el camping "Toro Bravo" en funcionamiento. En las imágenes se puede apreciar la existencia de una dársena dragada y operativas y varias pequeñas dársenas, una de ellas de forma elíptica y con embarcaciones. Fuente: Postales del Camping "Toro Bravo".

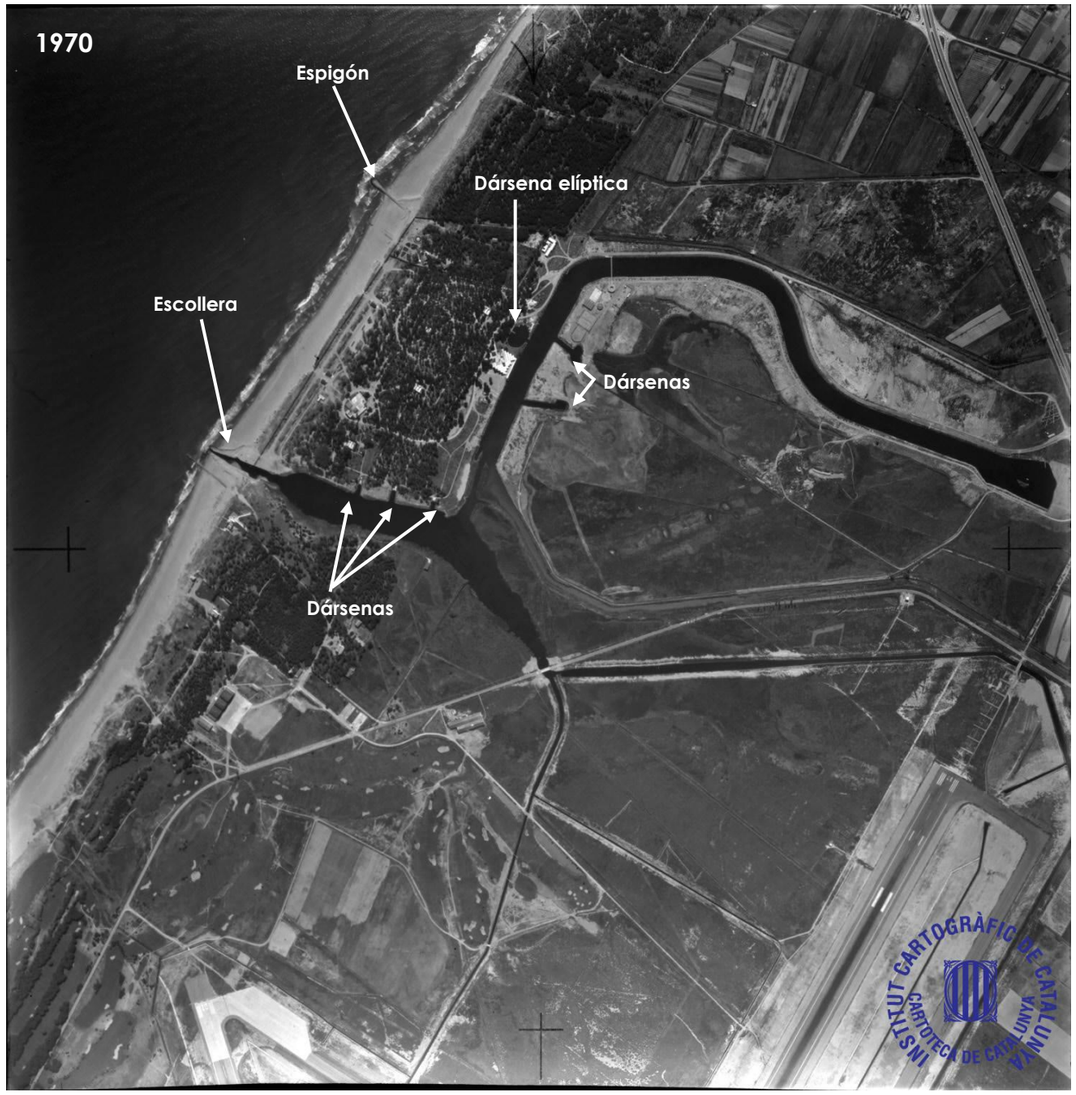


Figura 62.- Vistas aéreas cenitales de los espacios del estanque del Remolar y de la marisma de las Filipinas, en la que se ya se aprecian grandes modificaciones antrópicas (ampliación de cauces, urbanización de los terrenos junto a esta, tres pequeñas "dársenas", y un espigón en la zona de la actual desembocadura de la riera de Sant Climent. Fuente: SACE e ICGC.

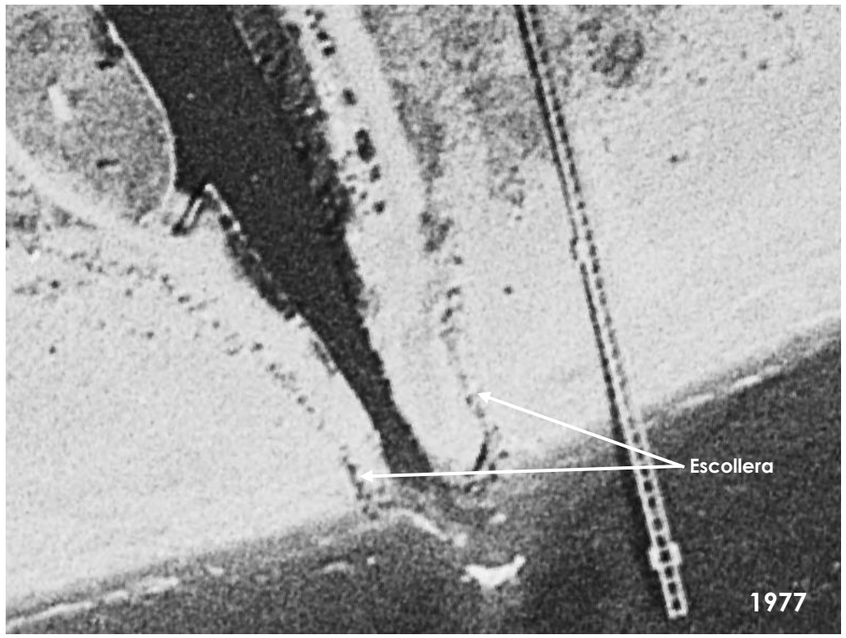


Figura 63.- Vistas aéreas cenitales de los espacios del estanque del Remolar y de la marisma de las Filipinas, en la que se pueden apreciarlas modificaciones de los canales (arriba) y la protección de escollera de la salida del estanque del Remolar, de forma cónica o embudo y que en su tramo final es perpendicular a la línea de costa. Fuente: ICGC.

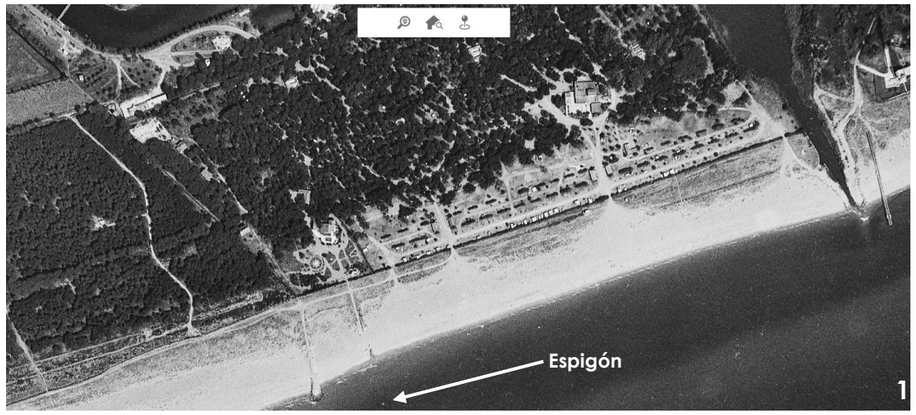


Figura 64.- Vistas aéreas cenitales de los espacios del estanque del Remolar y de la marisma de las Filipinas. Se aprecia la presencia de la dársena de planta elíptica, así como la protección de escollera de la salida del estanque del Remolar con forma de cono y que en su último tramo es rectilínea y aproximadamente perpendicular a la línea de costa. Fuente: SACE e ICGC.

Figura 65.- Vista aéreas oblicua de la desembocadura del estanque del Remolar, todavía con el pantalán del hidroaviones. Fuente: SACE e ICGC.

Figura 66.- Vistas aéreas cenitales de los espacios del estanque del Remolar y de la marisma de las Filipinas. Puede apreciarse que la dársena que alojaba embarcaciones ya está tapada, que las desembocaduras de la riera de Sant Climent y del estanque del Remolar aún conservan la configuración de los años 70 y que aún está presente parte del pantalán de hidroaviones. Fuente: ICGC.

Figura 67.- Vista aérea de los espacios del estanque del Remolar y de la marisma de las Filipinas, ya con su configuración actual. Fuente: ICGC.

Figura 68.- Salida del Estanque del Remolar y al NE de la salida la playa homónima, también llamada "de los militares". Líneas de costa entre los años 2001 y 2024. Fuente: Elaborado por Marciglob a partir de imágenes de Google Earth.

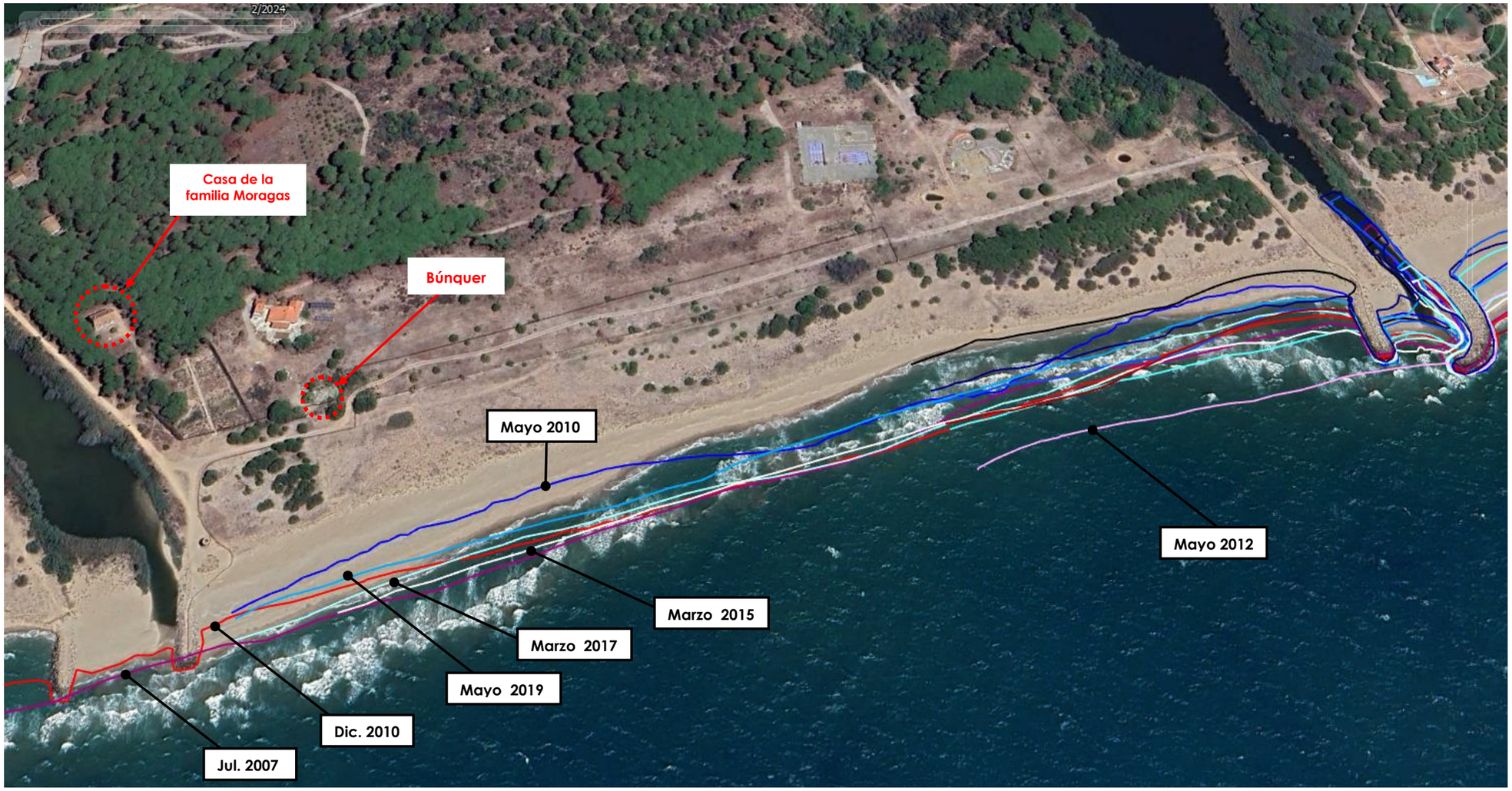


Figura 69.- Salidas de la Riera de Sant Climent (al SW), del estanque del Remolar (NE) y entre ambas playa de la Pineda de Cal Francés. Líneas de costa entre los años 2001 y 2024. Fuente: Elaborado por Marciglob a partir de imágenes de Google Earth.

6.4 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA LÍNEA DE COSTA (CEDEX, 1946-1995)

En las siguientes imágenes, que can desde el año 195l tramo litoral en el cual se incluye la zona en estudio pertenece a la unidad fisiográfica limitada por el puerto de Barcelona (a levante) que puede considerarse barrera total al transporte de sedimentos y el puerto de Port Ginesta (a poniente) que solamente actúa como barrera parcial al transporte ya que por delante de su dique se produce movimiento sedimentario en las situaciones de oleaje más intenso (ver Apéndice 1 o Figura 41.-) . En el pasado, antes de la construcción de Port Ginesta, el limite occidental de la unidad fisiográfica eran los acantilados del macizo del Garraf.

La mayor parte del sedimento de este tramo costero ha sido arrastrado por el río Llobregat, cuya cuenca se encuentra situada entre los 41° 17' 00'' y 42° 22' 00'' de latitud norte, en la zona Nororiental de la Península Ibérica. Limita al norte con los Pirineos, al este con las cuencas del Ter y del Besós, al oeste con la del Segre y al Sur con la del Mar Mediterráneo ocupando una superficie total de 5000 km² en un recorrido de 156 km. El río Cardoner es el principal afluente del Llobregat. El segundo afluente en importancia es el río Anoia.

El delta del Llobregat ocupa un territorio de 98 km² entre el macizo del Garraf y Montjuic y está situado junto a algunas de las ciudades más importantes de Cataluña. Es el segundo delta en extensión de la Comunidad Autónoma y conserva uno de los humedales más importantes del país. A lo largo de los siglos el delta ha sido transformado por la acción humana y las diferentes etapas han dejado su huella sobre el territorio que se ha convertido en un mosaico de paisajes: espacios naturales, cultivos, zonas urbanas, industrias, red viaria y ferroviaria e infraestructuras como el puerto y aeropuerto de Barcelona. El delta cuenta con la presencia de 20 hábitat naturales de interés europeo y más de 900 hectáreas están incluidas en la Red Natura 2000.

La línea de costa que incluye al Delta del Llobregat constituye, desde hace varias décadas, una zona litoral inestable desde el punto de vista morfodinámico. Esta inestabilidad viene producida por el elevado número de actuaciones que se han realizado en la zona a lo largo de todos estos años, como por ejemplo la construcción de pequeños espigones en las desembocaduras de rieras, canales y lagunas litorales (de levante a poniente: canal de la Bunyola, laguna del Remolar, riera de Sant Climent y playa de la Murtra) y especialmente la construcción del puerto de Barcelona con sus sucesivas ampliaciones hacia el sur, la última de las cuales incluyó el desvío de la desembocadura del Llobregat. La dinámica litoral de la zona ha sido estudiada en múltiples ocasiones y se posee un conocimiento razonable a nivel cualitativo del funcionamiento de la morfodinámica local. No obstante, y dado el constante cambio al que está sometido esta parte del litoral, los resultados y conclusiones de otros estudios deben tomarse con precaución. Es conocido tanto el problema de la regresión del delta en la zona situada más cerca de la desembocadura como la acumulación que tiene lugar en la parte situada más al sur.

Como consecuencia de la última ampliación del Puerto de Barcelona, la Declaración de Impacto Ambiental del Plan Director del Puerto de Barcelona (publicada en el BOE de 10 julio del año 2000) estableció los siguientes condicionantes:

- Creación de una playa al sur de la nueva desembocadura del río Llobregat (apoyada en un nuevo espigón que arrancase de la margen derecha), para lo cual se debían aportar unos 3,5 millones de m³ de arena (de los cuales, 2 millones de m³ con un tamaño medio D_{50} > 0,30 mm y el resto con un tamaño medio D_{50} > 0,20 mm). El plazo final para la finalización de las aportaciones de la playa era de 3 años después de la conclusión de la obra del espigón de apoyo o del dique sur del Puerto de Barcelona (en función de cuál de las 2 obras finalizase antes).
- Al objeto de mitigar la erosión que se producirá en el tramo de costa situado al sur del desagüe de la laguna de la Ricarda, se llevarán a cabo aportes periódicos de arena., pudiendo optarse por realizar anualmente la aportación de arena (en cuyo caso el volumen de arena a aportar será similar al transporte neto medio anual calculado en esta zona), o bien espaciar más los aportes en el tiempo, nunca más de cinco años. En este último caso el volumen de arena de aportación equivaldrá al resultado de multiplicar el transporte neto medio anual de la zona por el número de años transcurridos sin haber efectuado los aportes. Para realizar estos aportes se utilizará la arena que la dinámica litoral acumula en el dique de Port Ginesta, u otra arena de características granulométricas similares.

Con posterioridad, en la Comisión de Seguimiento Ambiental el volumen de aportación fue fijado en 100.000 m³/año

Desde el año 2007 la APB ha venido realizando estas aportaciones periódicas (la primera de ellas con un volumen equivalente a los 5 años anteriores). A partir de la información facilitada ñor la APB se han confeccionado la Figura 70.- a Figura 72.- , en las que se resumen las principales características de cada una de las aportaciones:

- Ubicación del vertido.
- Fechas del vertido.
- Volumen de arena vertido.
- Tamaño medio (D_{50}) de la arena vertida.

Puede apreciarse que la arena fue mayoritariamente vertida en el litoral del TM del Prat de Llobregat y específicamente en la playa situada al sur del escollerado longitudinal que comienza en la desembocadura de la laguna de La Ricarda, si bien los años 2008 y 2010 la aportación se realizó algo más a poniente. En los últimos años (2017, 2018, 2019, 2020 y 2021) las aportaciones también se han realizado en el TM de Gavà para paliar las erosiones detectadas.

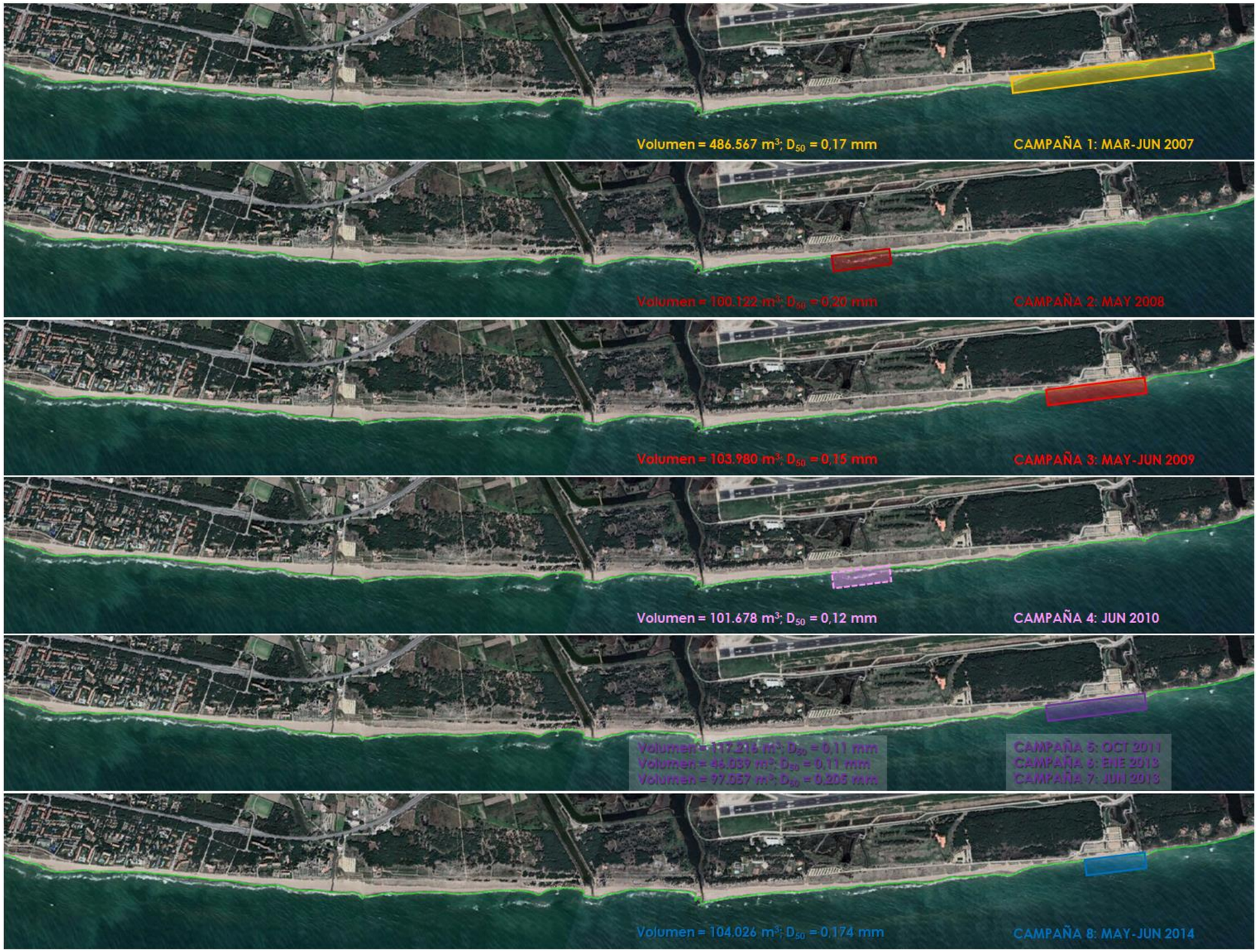


Figura 70.- Características de las aportaciones realizadas por la APB entre 2007 y 2014 en la unidad fisiográfica en la que se encuentra la zona de proyecto (fecha, zona de vertido, volumen y tamaño medio de la arena). Fuente: Marciglob

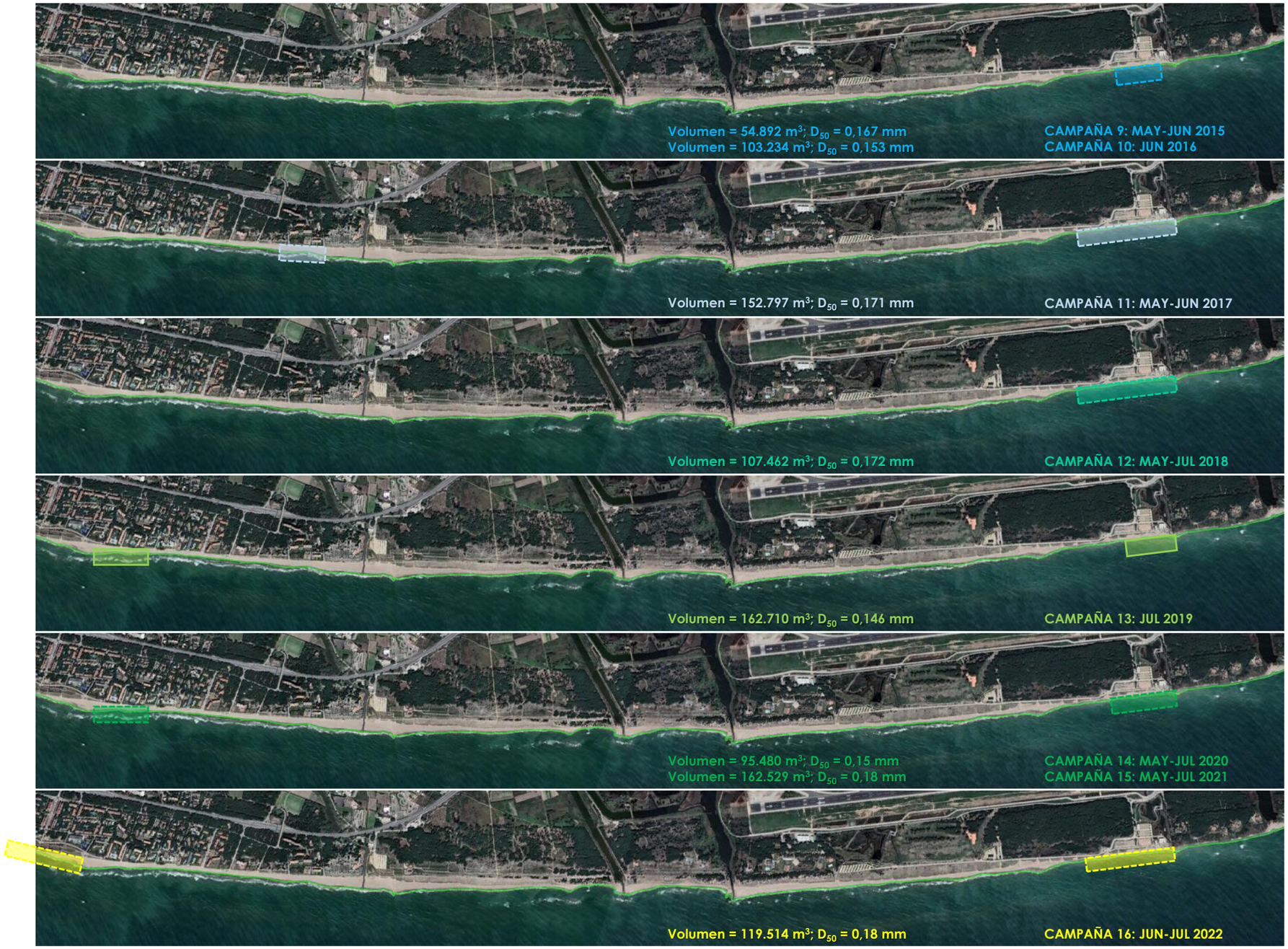


Figura 71.- Características de las aportaciones realizadas por la APB entre 2015 y 2022 (fecha, zona de vertido, volumen y tamaño medio de la arena). Fuente: Marciglob

Figura 72.- Resumen con las ubicaciones de las aportaciones realizadas por la APB entre 2007 y 2022. Fuente: Marciglob

Estos parámetros se resumen en la Tabla 4.-

Tabla 4.- Características de las aportaciones realizadas por la APB entre 2007 y 2022. Fuente: Marciglob

Campaña	Fechas ejecuc.	Volumen (m^3)	D_{50} (mm)
1	Mar-Jun 2007	486.567	0,17
2	May 2008	100.122	0,2
3	May-Jun 2009	103.980	0,15
4	Jun 2010	101.678	0,12
5	Oct 2011	117.216	0,11
6	Ene 2013	46.039	0,11
7	Jun 2013	97.057	0,205
8	May-Jun 2014	104.026	0,174
9	May-Jun 2015	54.892	0,167
10	Jun 2016	103.234	0,153
11	May-Jun 2017	152.797	0,171
12	May-Jul 2018	107.462	0,172
13	Jul 2019	162.710	0,146
14	May-Jul 2020	95.480	0,15
15	May-Jul 2021	162.529	0,18
16	Jun-Jul 2022	119.514	0,18
PROMEDIO		**100.729**	**0,163**
TOTAL		**2.115.303**	

6.4.1 EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA

El periodo más antiguo del que se tiene información con cierta fiabilidad es **a partir del año 1947**: El Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) dispone para toda la costa mediterránea española de una serie de restituciones fotogramétricas de la línea de costa obtenidas de fotografías aéreas de diferentes años (06/1947, 06/1957, 06/1965, 07/1973, 11/1977 y 06/1983 y 02/1995). En la Figura 74.- se muestran las líneas de costa entre los puertos de Barcelona y Port Ginesta.

En diferentes perfiles a lo largo de la zona de estudio se han medido los avances y retrocesos de las diferentes líneas de costa respecto a la inicial (1947) obteniéndose los valores que se muestran en la Figura 73.- , en la que el PK 0+000 corresponde con la margen derecha del actual río Llobregat.

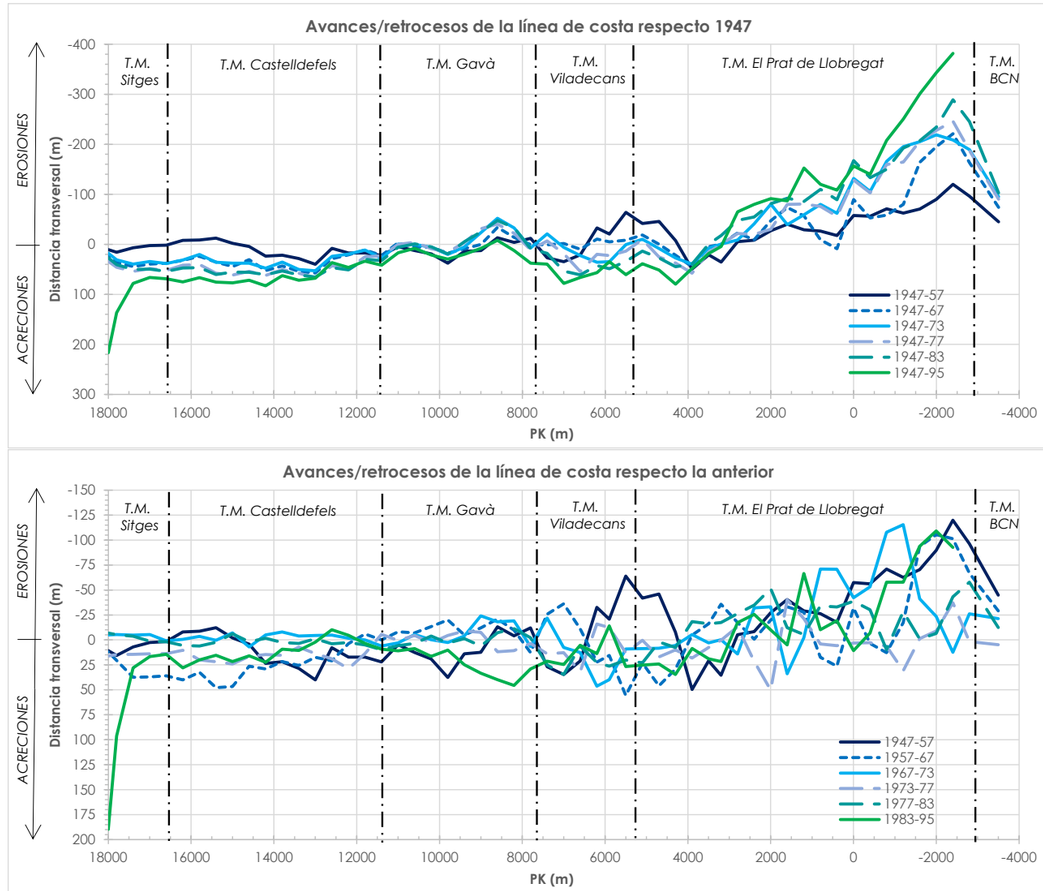
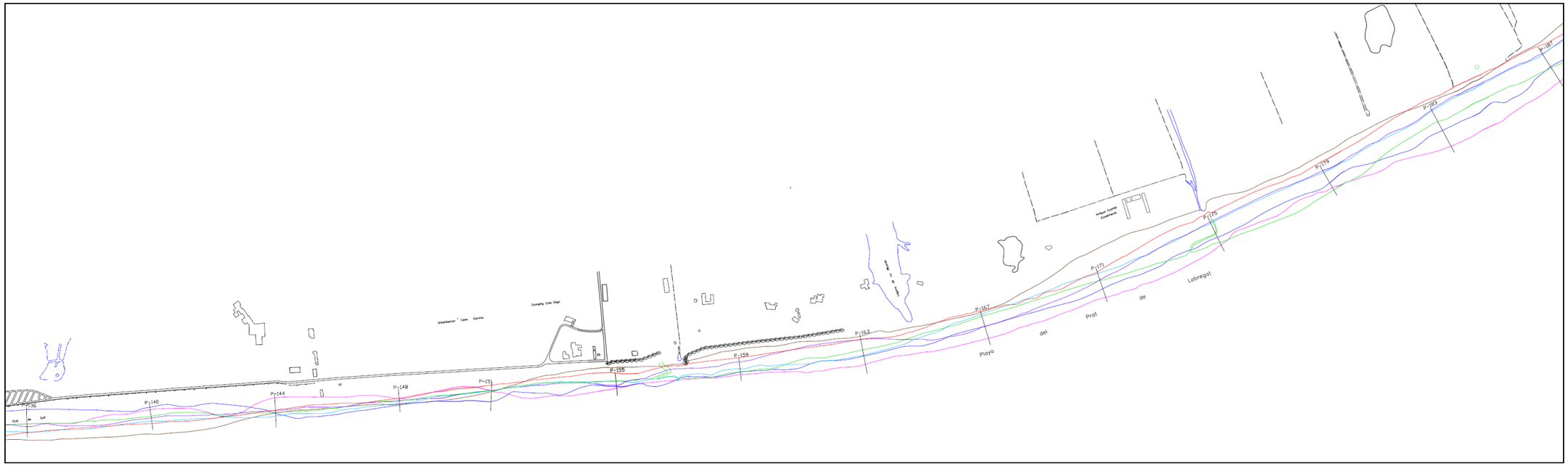
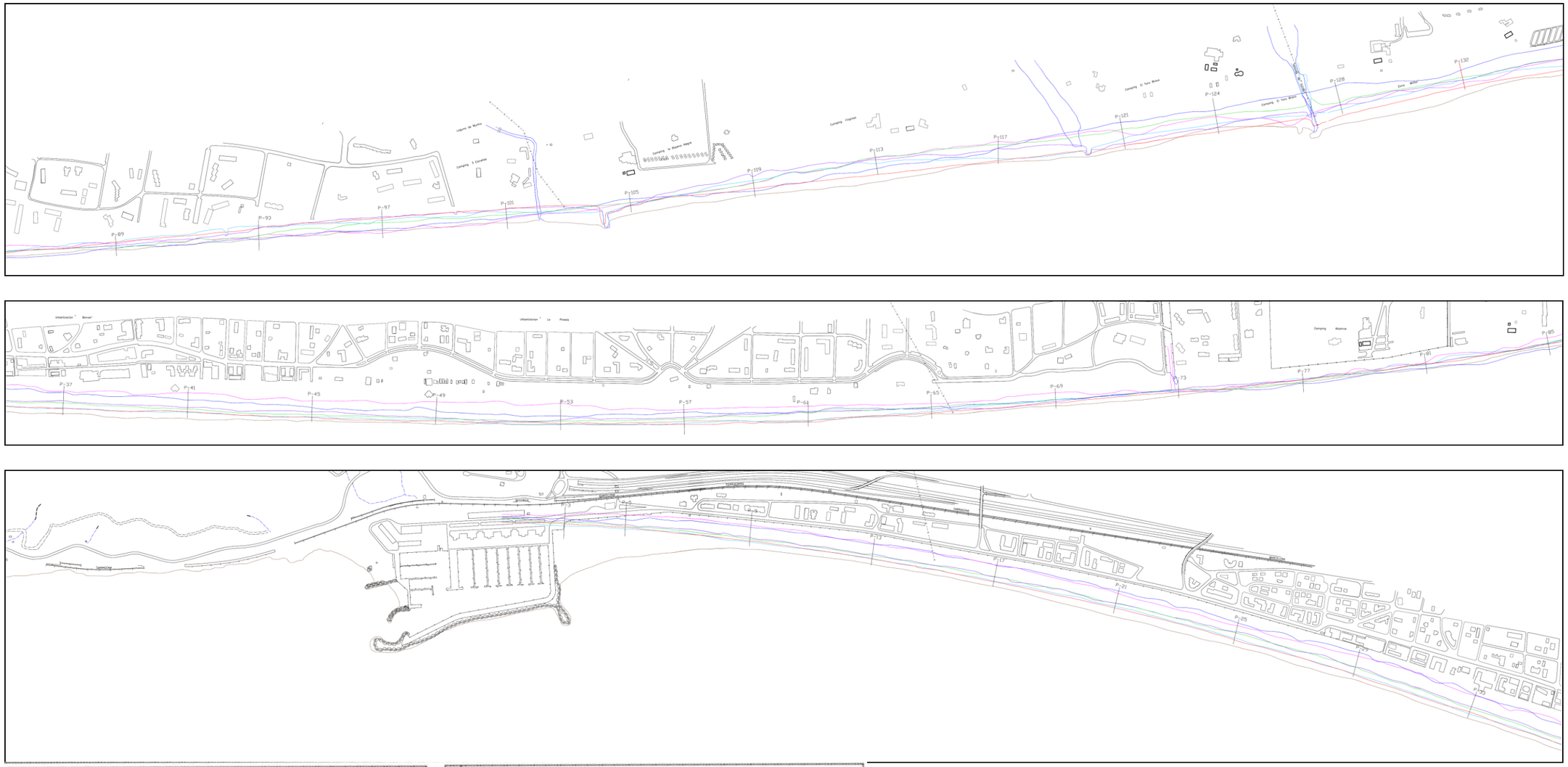


Figura 73.- Avances y retrocesos de las líneas xe csta respecto a 1947 (imagen superior) y respecto a la línea de csta anterior (imagen inferior). Fuente: Marciglob a partir de información del CEDEX



(Continuación)



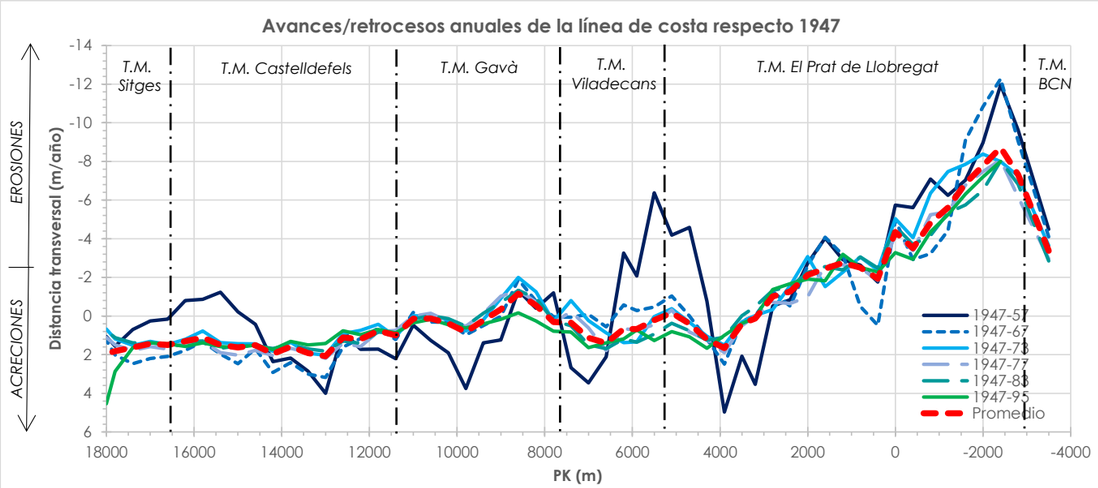
color	Signo	Escala de Vuelo	Fecha de Vuelo	
		RELACION DE VUELOS UTILIZADOS		
6		44.000	Junio	1947
5		33.000	Junio	1957
2		20.000	Junio	1965
7		18.000	Julio	1973
4		18.000	Noviembre	1977
1		12.000	Junio	1983

color	Signo	Escala de Vuelo	Fecha de Vuelo	
		RELACION DE VUELOS UTILIZADOS		
34		12.000	Febrero	1995

Figura 74.- Evolución histórica de la línea de costa en la unidad morfológica en la que se encuentra la zona de proyecto entre 1947 y 1995. Fuente: CEDEX

Puede apreciarse como desde el principio (período 1947-57) se nota el efecto del Puerto de Barcelona que provoca importantes erosiones en prácticamente todas las playas del TM del Prat de Llobregat (hasta el PK 3+500). En el otro extremo la construcción del puerto de Port Ginesta provoca un importante avance de la línea de costa (período 1983-95).

Para poder comparar los diferentes periodos se ha calculado el avance/retroceso medio anual, que se muestra en la Figura 75.-



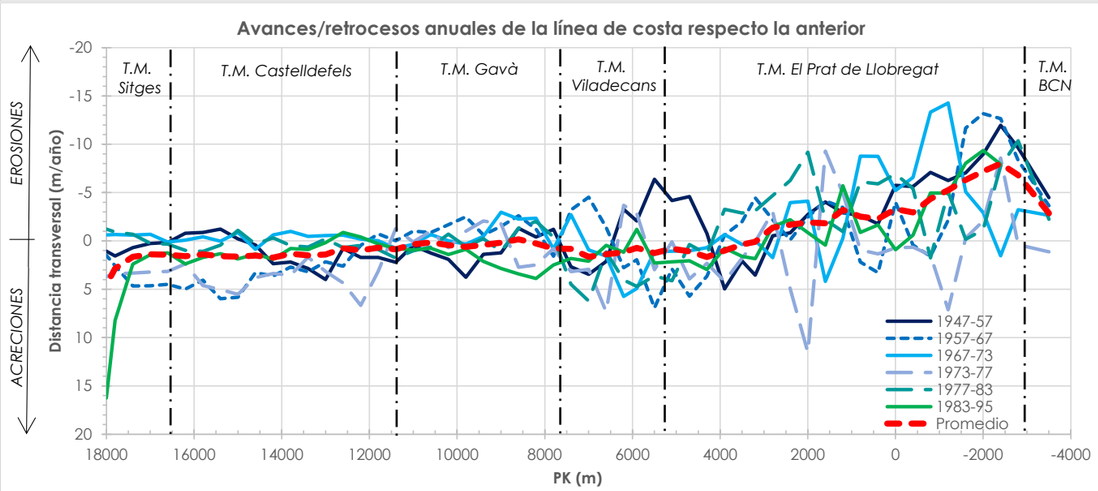


Figura 75.- Avances y retrocesos medios anuales de las líneas de costa respecto a 1947 (imagen superior) y respecto a la línea de costa anterior (imagen inferior). Fuente: Marciglob a partir de información del CEDEX

En dicha figura se ha añadido una línea roja discontinua que representa el promedio de los 6 intervalos analizados. De ella se deduce que, en promedio, se observa

- una erosión en las playas del Prat de Llobregat (hasta el PK 3+000 aproximadamente) alcanzando valores medios de hasta 8 m/año pero que puntualmente han alcanzado valores de 14 m/año,
- una zona con ligeras acreciones (del orden de 2 m/año) hasta el PK 8+000 (TM de Viladecans),
- una zona bastante estable con pequeñas erosiones y acumulaciones que en el medio plazo se compensan, hasta el PK 11+000 (TM de Gavà),
- una zona de acreción hasta llegar a Port Ginesta con valores medios de hasta 2 m/año, que puntualmente ha alcanzado valores de 14 m/año.

Para el **periodo de 1995 a 2004** se ha empleado la información cartográfica de la Generalitat de Catalunya: líneas de costa de los años 1995, 2000 y 2004. En la Figura 76.- (extraída del *Llibre Verd)* se presentan dichas líneas, mientras que en la Figura 77.- se muestra la tasa evolutiva de los perfiles de la zona de análisis (en metros de avance o retroceso de la línea de costa por año).

Las principales conclusiones son las siguientes:

- una acreción importante de la playa de Ca l'Arana, como consecuencia de su regeneración con posterioridad al año 2000,
- una zona de erosión bastante generalizada en las playas del TM del Prat del Llobregat, alcanzándose máximas erosiones de 8 m/año, si bien existen zonas intercaladas con acreciones,
- una zona mixta de erosiones y acumulaciones en las playas del TM de Viladecans,
- una zona de erosión (de hasta 3 m/año) bastante generalizada en las playas del TM de Gavà, , si bien existen zonas intercaladas con acreciones,
- una zona con acumulaciones de hasta 5 m/año seguida de erosiones de hasta 3 m/año en las playas del TM de Castelldefels y finalmente
- una zona de acumulaciones de hasta 5 m/año junto a Port Ginesta.

En líneas generales este comportamiento entre 1996 y 2004 es el mismo que en el periodo 1947-1995.

La evolución de la línea de costa durante el **periodo más reciente (a partir del año 2000)** hasta la actualidad se ha analizado a partir de una doble fuente de información

- Mediciones mensuales de la posición de la línea de costa realizadas por el *Àrea Metropolitana de* Barcelona (AMB) desde enero del año 2001 en diferentes perfiles de playa seca, generalmente coincidentes con los accesos peatonales a las playas.
- Fotografías aéreas georreferenciadas disponibles en la página web del *Institut Geològic i Cartogràfic* de la Generalitat de Catalunya (en este último caso también se han considerado fotografías aéreas anteriores al año 2001.

En la Figura 78.- se muestra la evolución de la línea de costa en los diferentes perfiles de las playas de la zona de estudio, agrupadas por TTMM, distinguiendo las mitades E y W en los casos del Prat de Llobregat, Viladecans y Gavà. La línea negra más gruesa representa el promedio de todos los perfiles de cada zona.

Finalmente, la Figura 79.- resumen los resultados anteriores en las mitades este (norte) y oeste (sur).

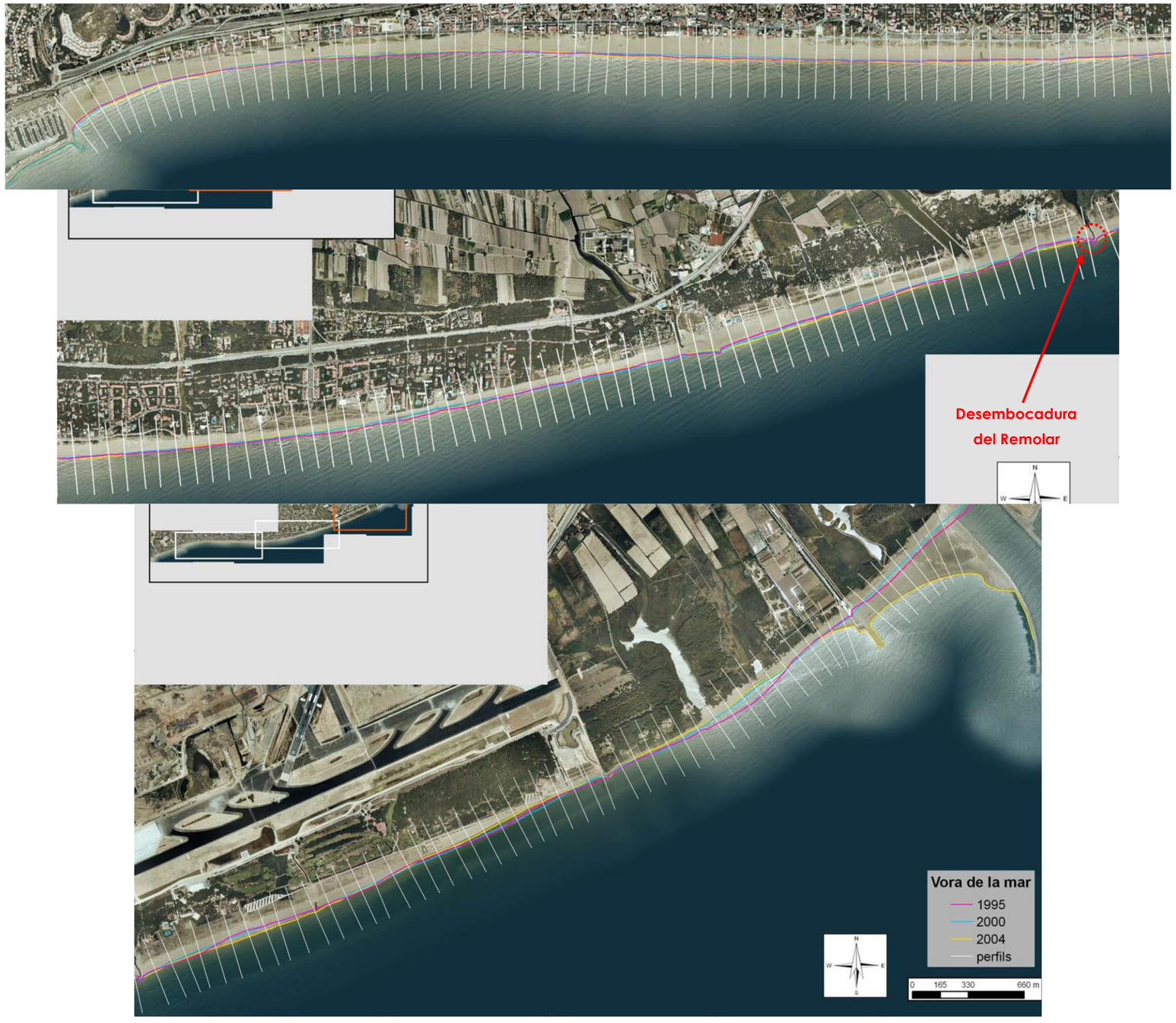


Figura 76.- Evolución histórica de la línea de costa entre 1995 y 2004. Fuente: CIIRC / *Generalitat de Catalunya*

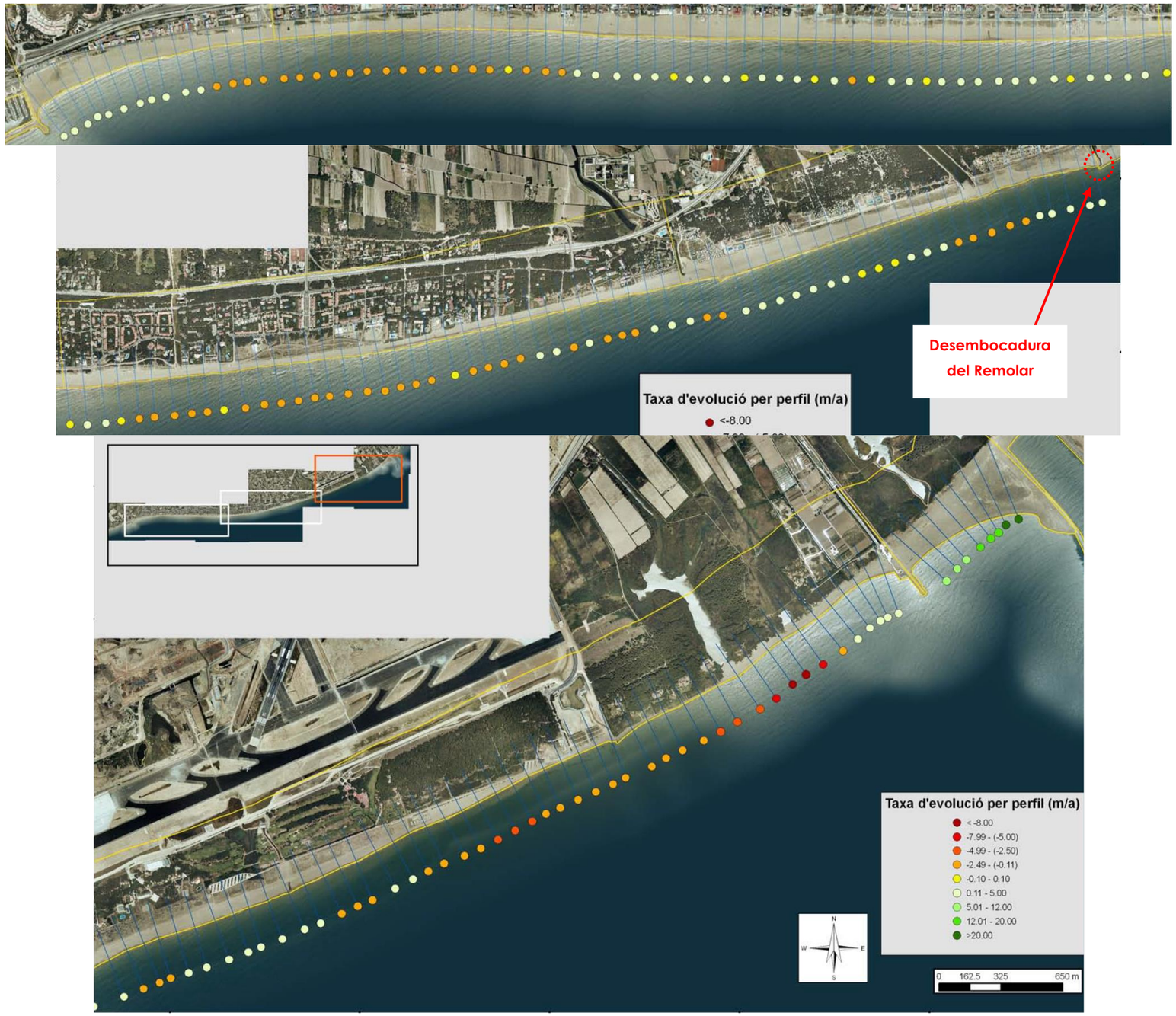


Figura 77.- Tasas de evolución *histórica* de la línea de costa en m/año. Fuente: CIIRC / Generalitat de Catalunya

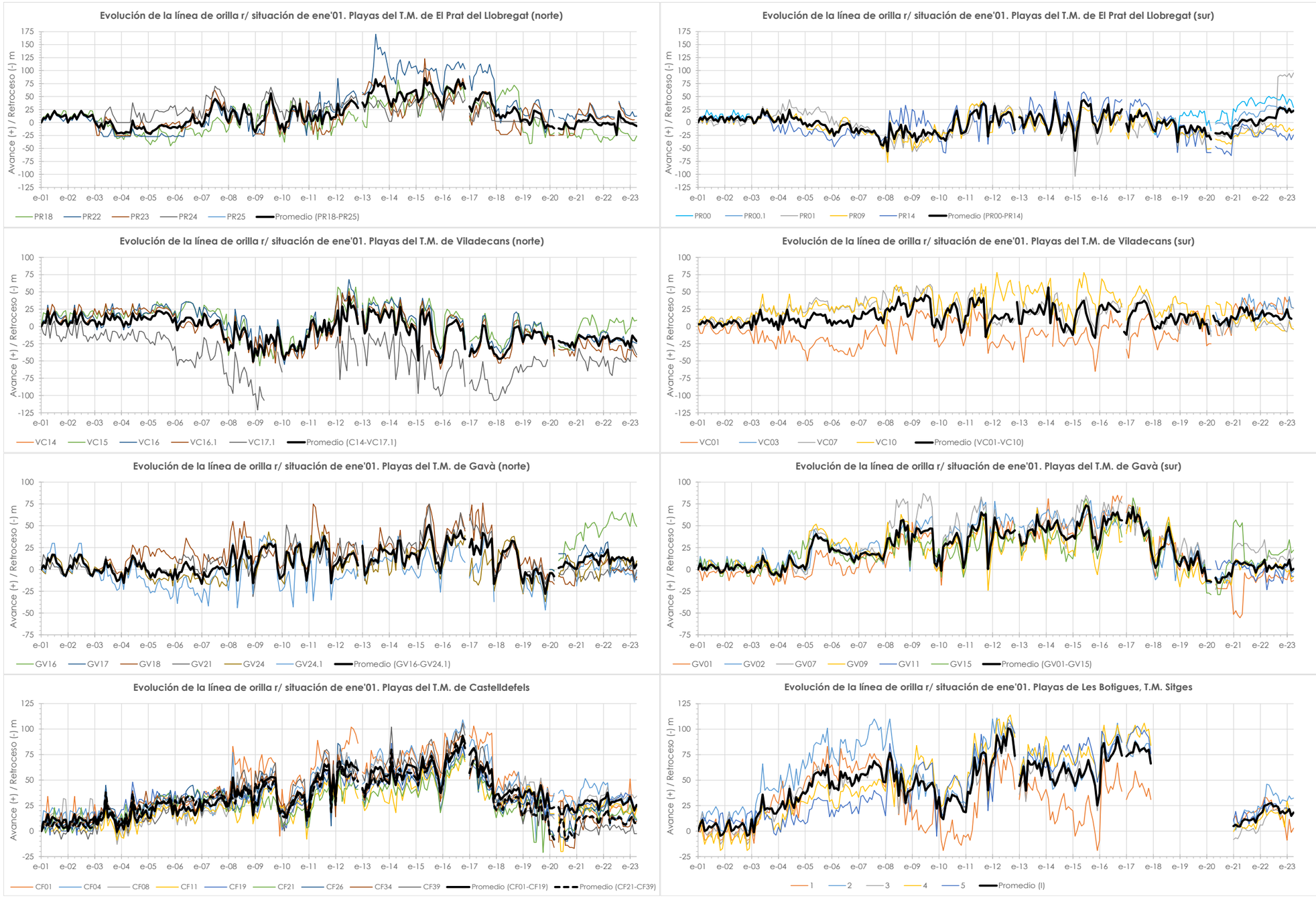


Figura 78.- Evolución de la línea de costa en las playas de los TM del Prat de Llobregat (mitad E y W), Viladecans (mitad E y W), Gavà (mitad E y W), Castelledefels y Sitges (Les Botigues). Fuente: Marciglob a partir de información del AMB

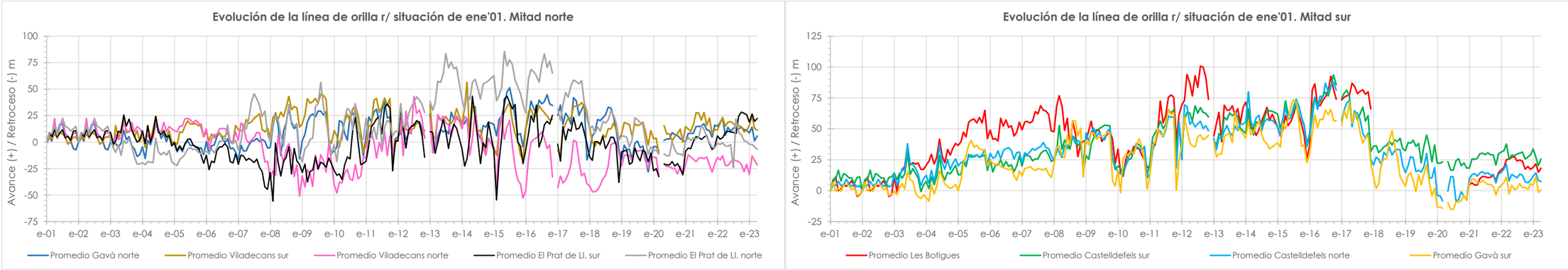


Figura 79.- Evolución de la línea de costa promedio por municipios en las playas de la mitad E de la zona de estudio (El Prat, Viladecans y Gavà este) y en la mitad W (Gavà oeste, Castelldefels y Les Botigues). Fuente: Marciglob a partir de información del AMB

Puede apreciarse que en la mitad oeste (sur) de la zona de estudio (que incluye la mitad oeste (sur) de Gavà y los TTMM de Castelldefels y de Sitges (Les Botigues)) se produjo una acreción más o menos continuada hasta finales de 2017 (con excepción de los años 2009 y 2010, que fueron erosivos), momento en el que se inició un proceso erosivo hasta finales del año 2020 que parece haberse estabilizado en los últimos 2 años. Puede apreciarse que las acreciones más importantes corresponden a las playas del TM del Orat de Llobregat, lo cual se explica teniendo en cuenta las aportaciones periódicas que el Puerto de Barcelona viene realizando en esta zona desde 2007 (ver Figura 70.- a Figura 72.-).

En la mitad este (norte) los resultados son un poco más dispares: en el caso de las playas del Prat del Llobregat y la mitad norte de Viladecans se van alternando épocas de erosiones y épocas de acumulaciones, mientras que en las playas de la mitad oeste (sur) de Viladecans se observa, en promedio, ligeros avances de la línea de costa a lo largo de todo el periodo. Finalmente en el caso de las playas de la mitad este (norte) de Gavà también se alternan épocas de erosiones y de acumulaciones, con un ligero predominio de estas últimas. No obstante debe tenerse en cuenta que en las campañas de aportaciones realizadas por el puerto de Barcelona entre 2919 y 2022 una parte de la arena ha sido vertida en esta zona, lo que ha permitido evitar que las erosiones progresasen.

Por lo que respecta a la evolución de la línea de orilla de acuerdo con las fotografías aéreas, los principales resultados se muestran en el Apéndice 2, donde se han distinguido 3 zonas para poder efectuar el análisis con mayor detalle:

- Zona 1: TM del Prat de Llobregat.
- Zona 2: TTMM de Viladecans i de Gavà (salvo ele xtremo norte de Viladecans, que se muestra en la zona1).
- Zona 3: TTMM de Castelldefels y de Sitges (Les Botigues).

En dichas fotografías se muestran con color rojo las <u>zonas erosionadas en comparación con la fotografía inmediatamente anterior</u> (independientemente que haya transcurrido 1 año o 30 años). También se indican con color cian los límites de los TTMM, con color verde los momentos en que por primera vez aparecen obras rígidas, tales como, espigones, escollerados longitudinales o diques y con color marrón las aportaciones realizadas por la APB.

Cabe comentar que se trata del resultado de fotografías secuenciales, tomadas en diferentes épocas del año y en diferentes condiciones oceanográficas (no es lo mismo una fotografía tras un fuerte temporal, ya que probablemente se registrarán grandes erosiones de un modo más o menos generalizado). A esto hay que añadir el hecho que en aquellas fotografías tomadas en momento de oleaje de cierta intensidad, la espuma generada en la zona de rotura no permite definir adecuadamente la línea de costa. Por consiguiente, la comparación de 2 fotografías puede llevar a errores interpretativos groseros, pero la comparación de 26 fotografías (de las cuales, 19 fotografías desde el año 2000, es decir, prácticamente 1 por año) sí permite extraer conclusiones cualitativas sobre el comportamiento de estas playas.

Del análisis de dichas fotografías se concluye que en todo el tramo costero en algún momento se han producido erosiones, lo cual es totalmente normal teniendo en cuenta la presencia de temporales recurrentes en el periodo temporal analizado (ver Anejo nº 3).

No obstante, las zonas en las que de manera más frecuente se aprecian erosiones son

- <u>En el TM del Prat de Llobregat</u>: la parte de playa al sur del Canal de la Bunyola. y el extremo norte de la playa del Prat (abierta el uso público) donde se vienen realizando las aportaciones por parte de la APB. También se observan erosiones en la playa de Ca l'Arana tras su regeneración, consecuencia de su adaptación inicial a su posición de equilibrio natural y posteriormente consecuencia de los típicos basculamientos estacionales.
- <u>En el TM de Viladecans</u>: los dos extremos de la playa, cuyo comportamiento se encuentra condicionado por la presencia de los espigones de la desembocadura del Remolar (objeto de este proyecto) y de la riera de Sant Climent y es espigón de la Murtra, de manera que tras oleajes procedentes de levante se producen erosiones en las playas a poniente de dichos obstáculos

parciales al transporte sedimentario, mientras que tras oleajes procedentes de poniente se producen erosiones en las playas a levante.

- En el TM de Gavà: la zona central y parte de la zona más oriental, aproximadamente coincidente con los puntos en los que la APB ha realizado algunas de sus aportaciones de arena.
- En los TT.MM. de Castelldefels y de Sitges (Les Botigues): si bien en general la tendencia media de esta playa es la acreción (frenada en los últimos años, tal como ya se ha comentado), sí se aprecian zonas de erosión recurrentes en las partes centrales de ambas playas.

Es importante destacar que pese a las aportaciones realizadas por la APB mayoritariamente en la playa del Prat del Llobregat, aunque también en la playa de Gavà (en total más de 2.100.000 de m³ entre 2007 y 2022) no se aprecia unas acreciones continuadas en el tiempo en estas zonas, como sería de prever. El motivo es que el tamaño medio del sedimento aportado (D_{50} = 0,16 mm) es muy inferior al promedio de la zona (históricamente D_{50} ~ 0,30 mm y en la actualidad D_{50} = 0,27 mm) por lo que no se puede generar un perfil de equilibrio con playa seca y toda la arena pasa a la playa sumergida, como esquemáticamente se explica en la Figura 80.- , extraída Del documento temático "Regeneración de playas" redactado por el GIOC de la Universidad de Cantabria para la Dirección General de Costas. Obviamente en caso de aportación de arena de un tamaño superior al nativo la situación sería radicalmente diferente y se generaría una playa seca más estable que se erosionaría de acuerdo al diferencial o gradiente del transporte de sedimentos longitudinal más el transporte transversal (ver esquema de la Figura 22.-).

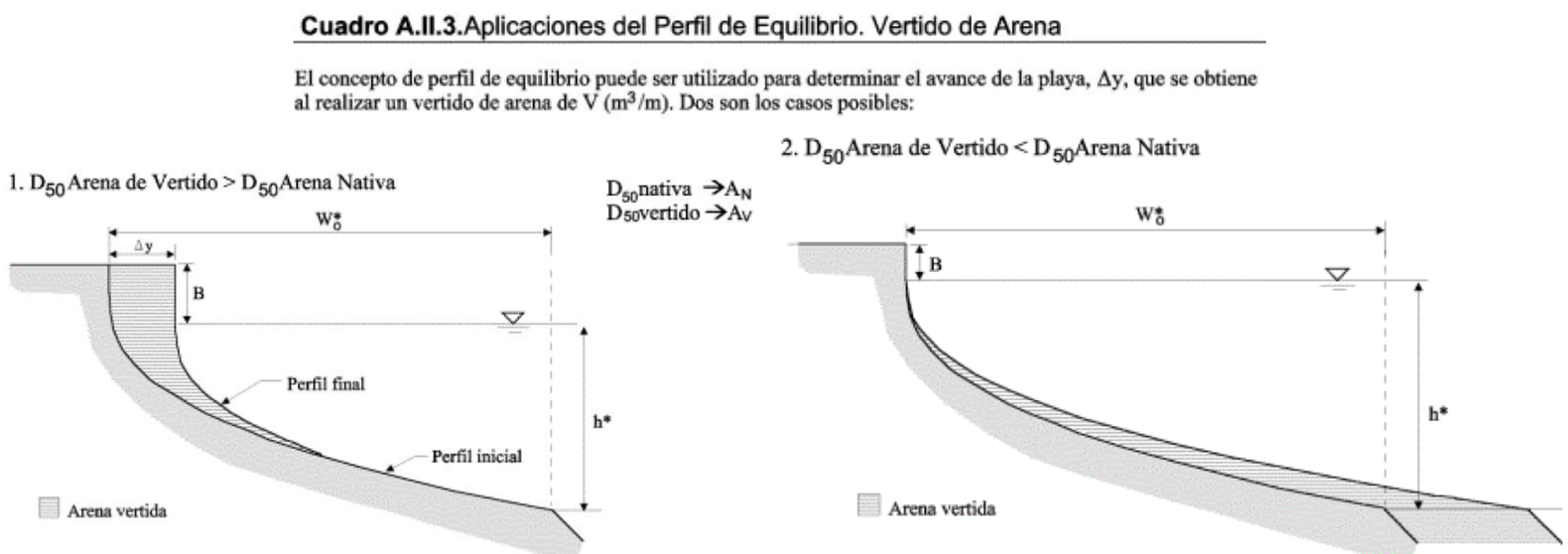


Figura 80.- Perfil obtenido tras la aportación de arena con un tamaño mayor a la nativa (imagen superior) o con un tamaño inferior (imagen inferior). Fuente: GIOC / DGC

6.4.2 Evolución futura

De acuerdo con el apartado anterior, la evolución futura de las playas analizadas será probablemente la siguiente:

- Por lo que respecta a su comportamiento longitudinal, se seguirá produciendo un transporte neto de E a W con un caudal sólido descendente en dicho sentido. La presencia de elementos rígidos (escollerados longitudinales y espigones) provocará erosiones y acumulaciones locales. Las aportaciones periódicas que la APB continuará realizando permitirá evitar erosiones en las playas del Prat de Llobregat y de Gavà, pero mientras se siga empleando un tamaño de sedimento menor al de la arena nativa, su efecto beneficioso será cuestionable dada su escasa estabilidad en el perfil emergido.
- En cuanto al comportamiento transversal, los temporales hibernales movilizarán el sedimento del estrán de la playa hacia la berma sumergida y los oleajes de primavera y verano tenderán a transportar de nuevo esa arena hacia la playa seca, si bien una parte de sedimento habrá sido transportada por las corrientes longitudinales fuera del ámbito de las playas, por lo que no podrá reincorporarse a la dinámica transversal y volver a la playa seca o al estrán, y la fracción de sedimento movilizado hasta mayores profundidades por los temporales más intensos tampoco podrá ser movilizada por la dinámica transversal y se quedará en esas profundidades mayores, de modo que el balance neto en la zona será de pérdida de arena, que se traducirá en una regresión de la línea de costa y disminución de la superficie de playa seca.

6.5 BALANCE SEDIMENTARIO

Para efectuar el balance sedimentario de tramo de costa en el que se ubica la salida del estanque del Remolar, se han considerado los siguientes límites:

Longitudinalmente	A levante: espigón de la margen derecha del río Llobregat
	A poniente: puerto de Port Ginesta
Transversalmente	Por el lado tierra: límite interior de la playa (paseos marítimos, viales, escollerados…)
	Por el lado mar: isóbata correspondiente a la profundidad de cierre (-8 m)

Desde el punto de vista del transporte longitudinal se produce una movilización de la arena a lo largo de la playa en la que se encuentra la zona de proyecto con dirección E-W o W-E en función del oleaje incidente. En promedio la dirección neta es en dirección E-W, lo que provoca una acumulación de arena de la playa apoyada a levante de los obstáculos (pequeños espigones con morros inferiores a la profundidad activa en las desembocaduras de la laguna del Remolar que son objeto de este proyecto, de la riera de Sant Climent y espigones en las playas del Prat y de la Murtra) y especialmente el dique del puerto de Port Ginesta, este muy alejado de la zona de proyecto.

Desde el punto de vista del transporte transversal, durante los temporales más energéticos parte de la arena de la playa seca/orilla es transportada a grandes profundidades (más allá de la zona litoral, limitada por la profundidad activa e incluso de la zona de asomeramiento, limitada por la profundidad de cierre) y ya no puede ser recuperada por la dinámica transversal.

Durante los temporales hibernales más habituales y no tan energéticos la arena de la playa seca/orilla es transportada a profundidades menores de la activa (y por tanto dentro de la zona litoral) pero es arrastrada por las corrientes longitudinales ya que no existe ningún obstáculo que lo impida. Mientras esta arena pueda ser reemplazada por sedimento procedente de las playas más orientales no se estará en situación precaria.

7. EFECTO DE LOS TEMPORALES EN LA SALIDA DEL ESTANQUE DEL REMOLAR

En las siguientes imágenes se muestra la situación de la salida en 2024 en abril de 2024 (izquierda) de la salida del estanque del Remolar tras la acción de los temporales (derecha) de enero de 2017, abril de 2019, diciembre de 2019, marzo de 2022 y marzo de 2024.

Del contenido de las imágenes se desprende que los aterramientos de la salida del estanque por arena de la playa del Remolar se producen en general a causa del remonte o "run up" cuyo alcance supera el arranque del espigón curvo de la salida del estanque durante los episodios de temporal que dan lugar a un mayor retroceso de la playa del Remolar a levante de la salida del estanque.

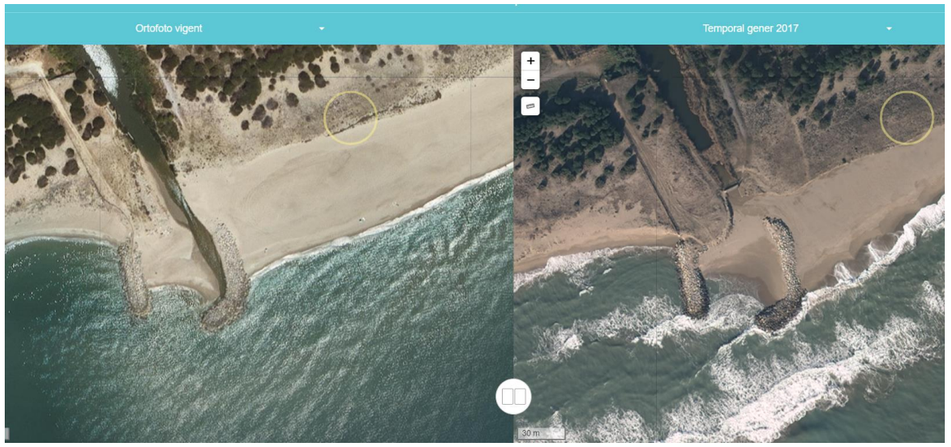


Figura 81.- Temporal de enero de 2017, situación actual (izquierda) v.s. situación tras el temporal (derecha). Fuente: ICGC.

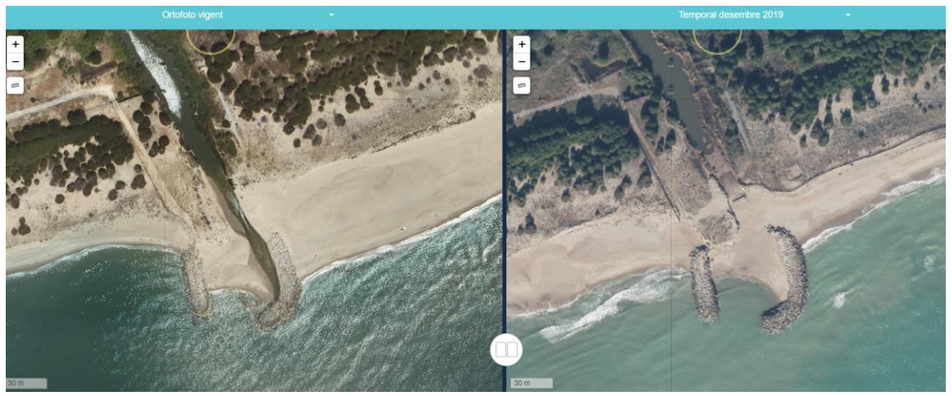


Figura 82.- Temporal de diciembre de 2019, situación actual (izquierda) v.s. situación tras el temporal (derecha). Fuente: ICGC.

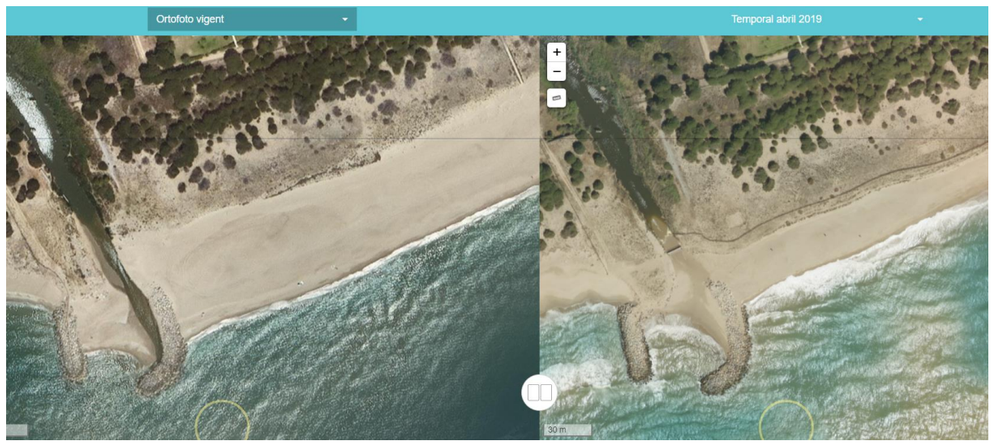


Figura 83.- Temporal de abril de 2019, situación actual (izquierda) v.s. situación tras el temporal (derecha). Fuente: ICGC.

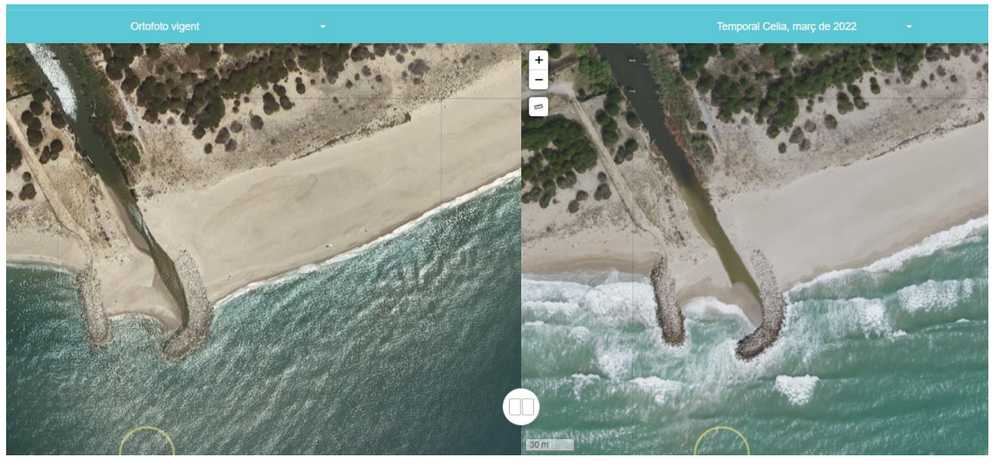


Figura 84.- Temporal de marzo de 2022, situación actual (izquierda) v.s. situación tras el temporal (derecha). Fuente: ICGC.

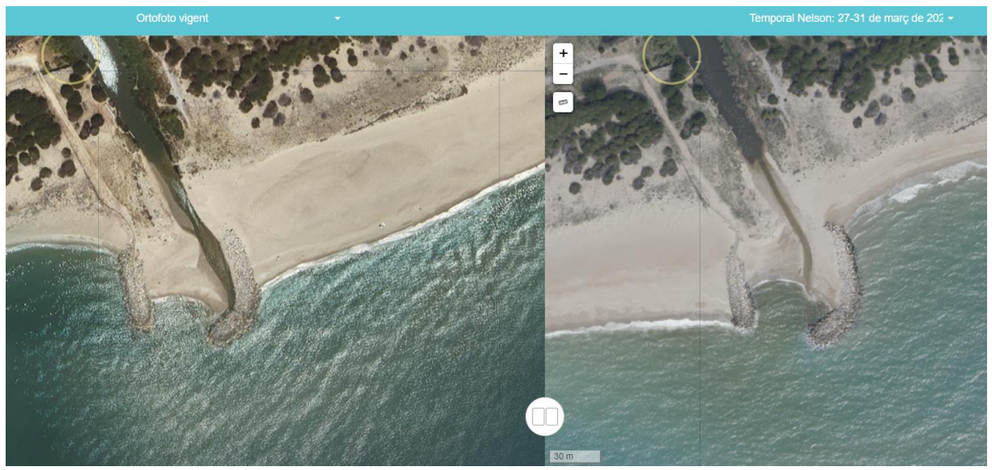


Figura 85.- Temporal de marzo de 2024, situación actual (izquierda) v.s. situación tras el temporal (derecha). Fuente: ICGC.

8. DINÁMICAS RESULTANTES DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

8.1 ANTECEDENTES

El Reglamento General de Costas (aprobado por Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre) especifica en su artículo 93 que el Estudio de Dinámica Litoral incluirá un estudio de las dinámicas resultantes de los efectos del cambio climático.

Además en su artículo 92 especifica que la evaluación de los efectos del cambio climático incluirá la consideración de la subida del nivel medio del mar, la modificación de las direcciones de oleaje, los incrementos de altura de ola, la modificación de la duración de temporales y en general todas aquellas modificaciones de las dinámicas costeras actuantes en la zona, en un periodo de tiempo que en el caso de obras de protección del litoral, puertos y similares será de un mínimo de 50 años desde la fecha de solicitud y que se deberán considerar las medidas de adaptación que el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) defina en la Estrategia para la adaptación de la costa a los efectos del cambio climático.

8.2 VARIACIÓN DE LA DINÁMICA COSTERA

- En el caso del nivel del mar, se considera un incremento del nivel medio del mar de $\Delta\eta = \Delta NMM = +0{,}25$ m que afecta a todos los niveles de marea (pleamares y bajamares) ya que las componentes astronómicas no se ven alteradas por el cambio climático y las modificaciones en los valores de la marea meteorológica son despreciables.

- En el caso del oleaje se concluye lo siguiente[5]:

  - Atura de ola significante media: los incrementos ΔH_s en el periodo 2025-2050 en el peor de los casos (el límite superior de la BC90%) oscila entre +0,05 cm y -0,25 cm. En cambio, para el valor medio o estima central, los incrementos son negativos, entre -1 y -1,5 cm según el escenario climático considerado.
  - Altura de ola significante excedida el 0,1 % del tiempo (representativa de oleajes más energéticos): en el peor de los casos (límite superior de la BC90%) se tiene $\Delta H_s = \pm 20$ cm, que en términos porcentuales representa un incremento del ±10 %. Para el valor más probable (estima central) se tiene que el incremento de $H_{s,99.9\%}$ es tan sólo del +1,5 % en el escenario más pesimista (RCP8.5) mientras que en el escenario RCP4.5 el incremento es negativo (-0,5 %).
  - Período pico: los incrementos ΔT_p en el periodo 2025-2050 son insignificantes: +0,06 s para $T_{p,m}$ y +0,30 s para $T_{p,99.9\%}$ en el peor de los casos (límite superior de la BC90%).
  - Dirección media: los cambios oscilan entre +2º y -4,5º, (para los límites de la BC90%) con un valor medio de -1,5º.

[5] Estos valores se han obtenido del proyecto de la DCCyM

8.3 EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PLAYA DEL REMOLAR

La modificación del clima marítimo en la zona (representada por los valores presentados en el apartado anterior) se traduce fundamentalmente en tres efectos:

- Variación de la cota de inundación (ΔCI).
- Retroceso de la playa como consecuencia del incremento del nivel del mar ($RE_{1,max}$).
- Retroceso de la playa como consecuencia del giro del flujo medio de energía del oleaje ($RE_{2,max}$).

La variación de la cota de inundación (ΔCI) puede obtenerse mediante la expresión:

$$\Delta CI = \Delta MM + \Delta\eta + 0{,}0396 \cdot (gT^2/2\pi)^{0.5} \cdot \Delta H_s/H_s^{0.5}$$

siendo

- ΔMM la variación de la marea meteorológica ($\Delta MM = 0$ cm),
- $\Delta\eta$ la variación del nivel medio del mar ($\Delta\eta = +25$ cm),
- H_s la altura de ola significante asociada a una excedencia del 2 %[6] ($H_s = 1{,}44$ m),
- T el período pico asociado (T = 6,8 s)[7], y
- ΔH_s la variación de la altura de ola significante asociada a una excedencia del 2 % ($\Delta H_s = 0{,}14$ cm, es decir, un incremento del 10%).

A partir de las variables indicadas entre paréntesis se obtiene un incremento de la cota de inundación

$\Delta CI = +0{,}29$[8]

En cuanto al máximo retroceso de la playa debido al incremento del nivel del mar ($RE_{1,max}$) puede obtenerse mediante la expresión

$$RE_1 = \Delta\eta \cdot (1{,}57 \cdot H_{s12})^{1,5} \cdot (0{,}51 \cdot w^{0,44})^{-1,5}/(1{,}57 \cdot H_{s12} + B)$$

siendo

- $\Delta\eta$ la variación del nivel medio del mar ($\Delta\eta = +24$ cm)
- H_{s12} la altura de ola significante asociada a una excedencia del 12 h/año ($H_{s12} = 2{,}32$ m)[9]

[6] Valor promedio en la zona, obtenido a partir de los resultados del Anejo nº 3.

[7] Valor promedio en la zona, obtenido a partir de los resultados del Anejo nº 3

[8] En realidad el valor de será algo menor ya que ΔMM y ΔH_s son < 0.

[9] Valor promedio en la zona, obtenido de la Tabla 2.- .

- w la velocidad de caída del grano (w = 0,033 m/s, asociada a D_{50} = 0,272 mm, que es el tamaño medio de la arena de aportación, de acuerdo a lo especificado en la Tabla 1.-)
- B la altura de la berma (B = +2,5 m[10] – NMM = +2,50 – 0,19 = 2,31 m)

A partir de las variables indicadas entre paréntesis se obtiene un máximo retroceso

$$\mathbf{RE_1 = 7{,}62\ m}$$

Finalmente, por lo que respecta al máximo retroceso de la playa debido al giro del oleaje ($RE_{2,max}$), así como el máximo avance, en el caso de playas encajadas se producirá en los extremos de las playas y su valor dependerá de la variación de la dirección del flujo medio de energía ($\Delta\Theta_{FE}$) y de la longitud de la playa encajada entre espigones (L) a partir de la ecuación

$$RE_2 = 0{,}50 \cdot L \cdot tg(\Delta\Theta_{FE})$$

Considerando un valor $\Delta\Theta_{FE}$ = -1,5º se obtienen los siguientes retrocesos:

Para L = 250 m	**RE_2 = 3,27 m**
Para L = 500 m	**RE_2 = 6,54 m**
Para L = 1.000 m	**RE_2 = 13,08 m**

Debe tenerse en cuenta que en este caso el retroceso no es constante en toda la playa, sino que éste es el valor máximo en el extremo de levante de la playa mientras que en el otro extremo se producirá un avance de la línea de orilla, de manera que la superficie de playa que retroceda y la que avance se compensen, lo cual es una simplificación que los volúmenes erosionados y acumulados se compensen, ya que en este caso no hay pérdida de arena, solamente su redistribución espacial.

De esta manera el máximo retroceso de la línea de orilla (en los extremos de levante de cada playa) se obtienen sumando las dos componentes RE_1 y RE_2 (por sobreelevación del nivel del mar y por giro del oleaje).

En cuanto al retroceso medio de la línea de orilla coincidirá con el valor de RE_1 ya que como se ha dicho anteriormente el valor de RE_2 varía a lo largo de la playa, pasando de retroceso en un extremo a avance en el otro.

$$\mathbf{RE_{med} = RE_1 = 7{,}62\ m}$$

[10] Valor promedio en la zona obtenido del levantamiento topográfico.

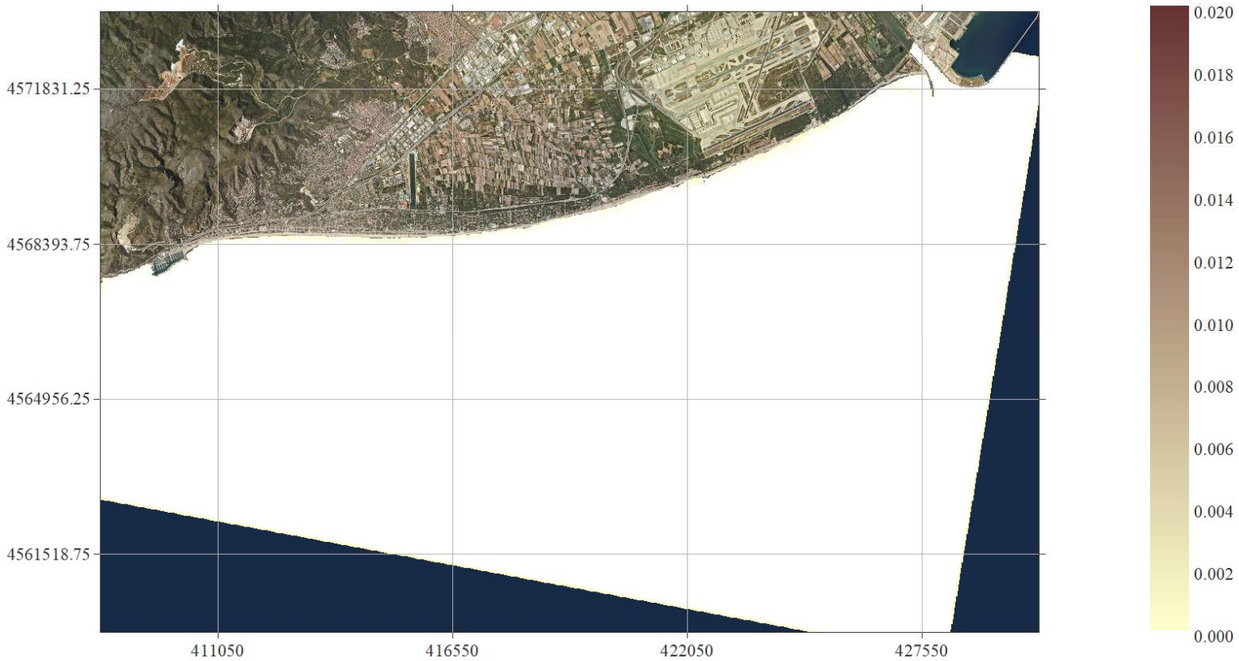
8.4 MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Las actuaciones de este proyecto constituyen una adaptación de la configuración de la desembocadura existente a los efectos del cambio climático, de modo que se limitarán los aterramientos del canal de salida del estanque.

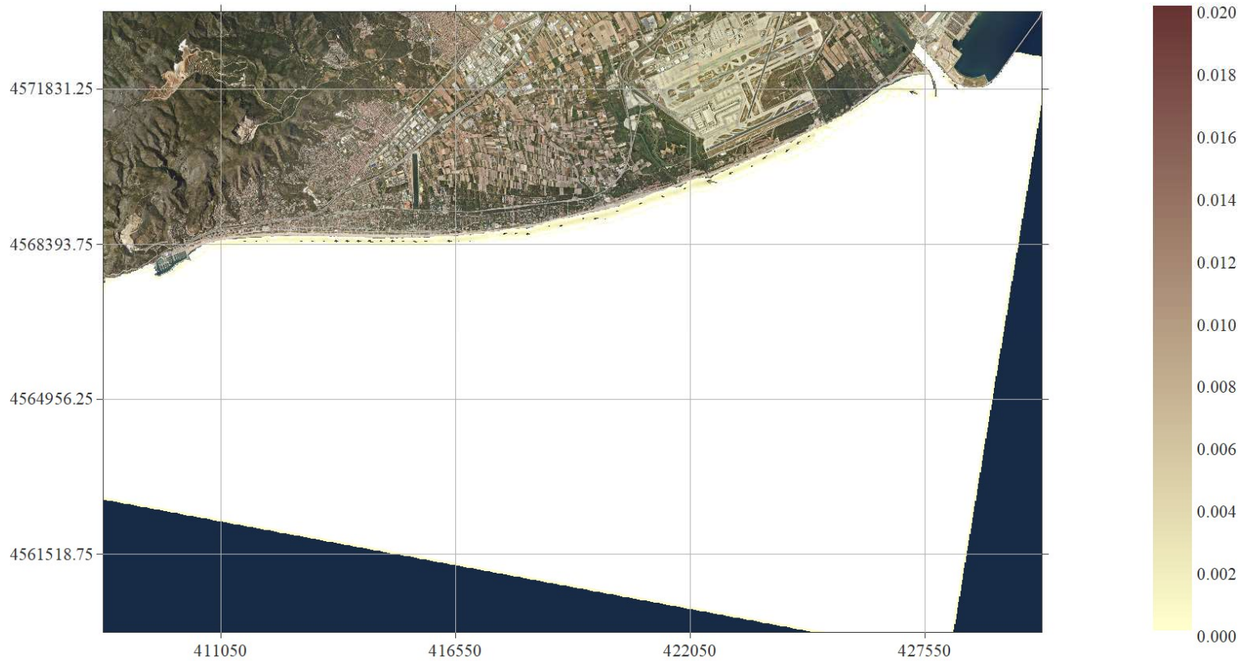
Por otro lado, como medida de adaptación, en el diseño de la cota de coronación de las obras de protección se tendrá en cuenta el incremento de la cota de inundación.

APÉNDICE 1. RESULTADOS DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS OBTENIDOS MEDIANTE EL MODELO EROS

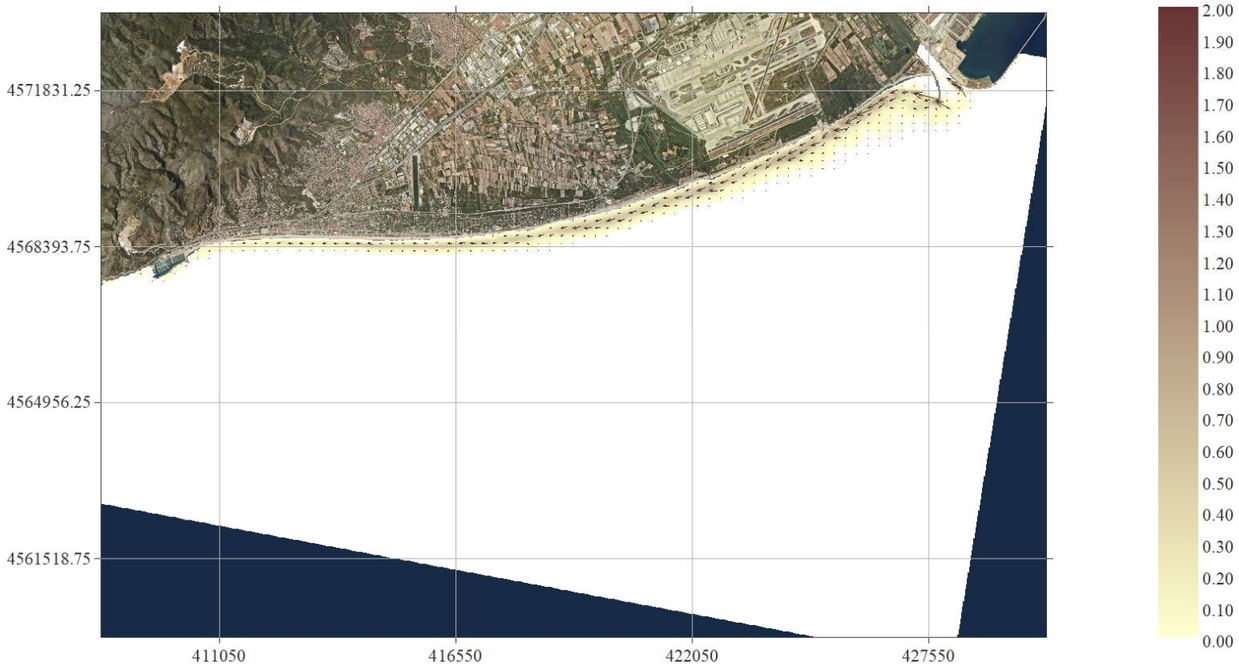
CAMPO DE CORRIENTES GENERADO POR LA ROTURA DEL OLEAJE



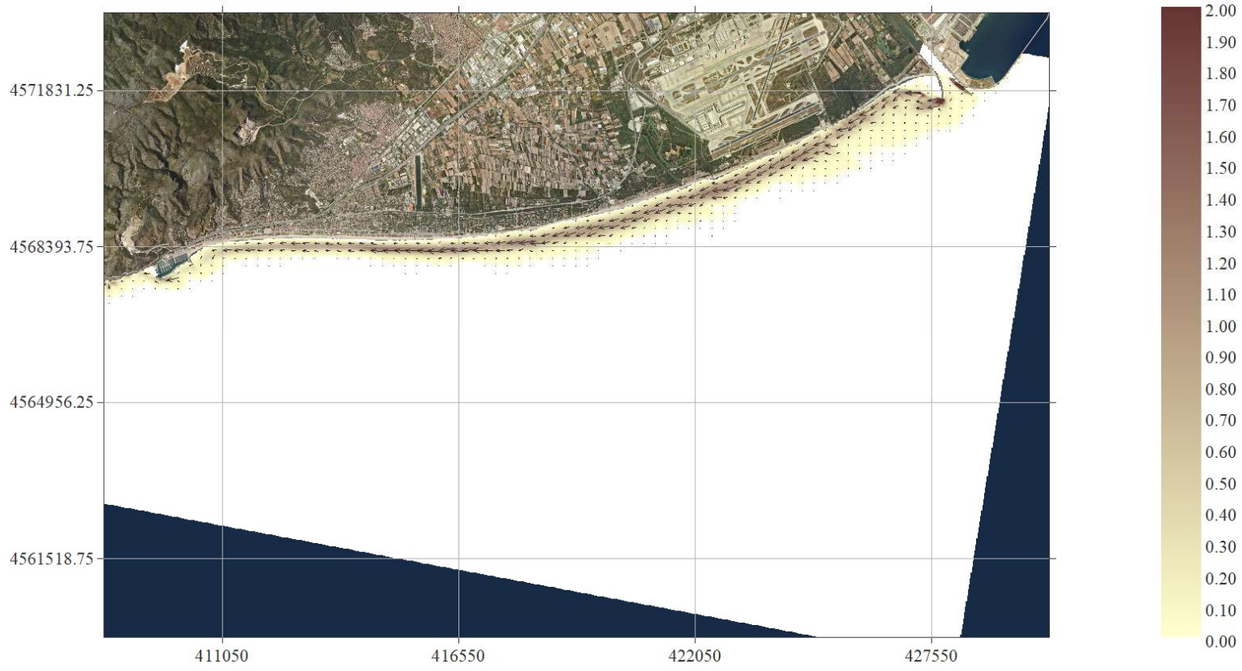
Caso 0111. H_s = 0,89 m; T_p = 5,7 s; Dir = 67,5º N (ENE)



Caso 0112. H_s = 0,89 m; T_p = 5,7 s; Dir = 90º N (E)

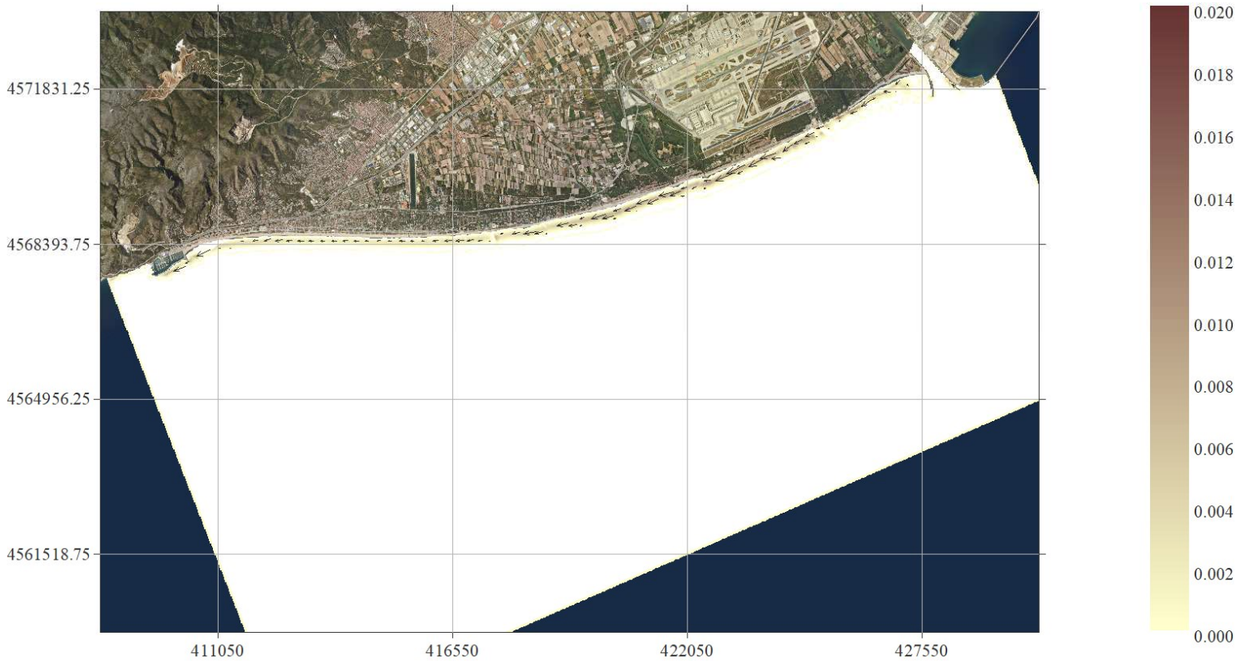


Caso 0121. H_s = 3,43 m; T_p = 8,8 s; Dir = 67,5º N (ENE)

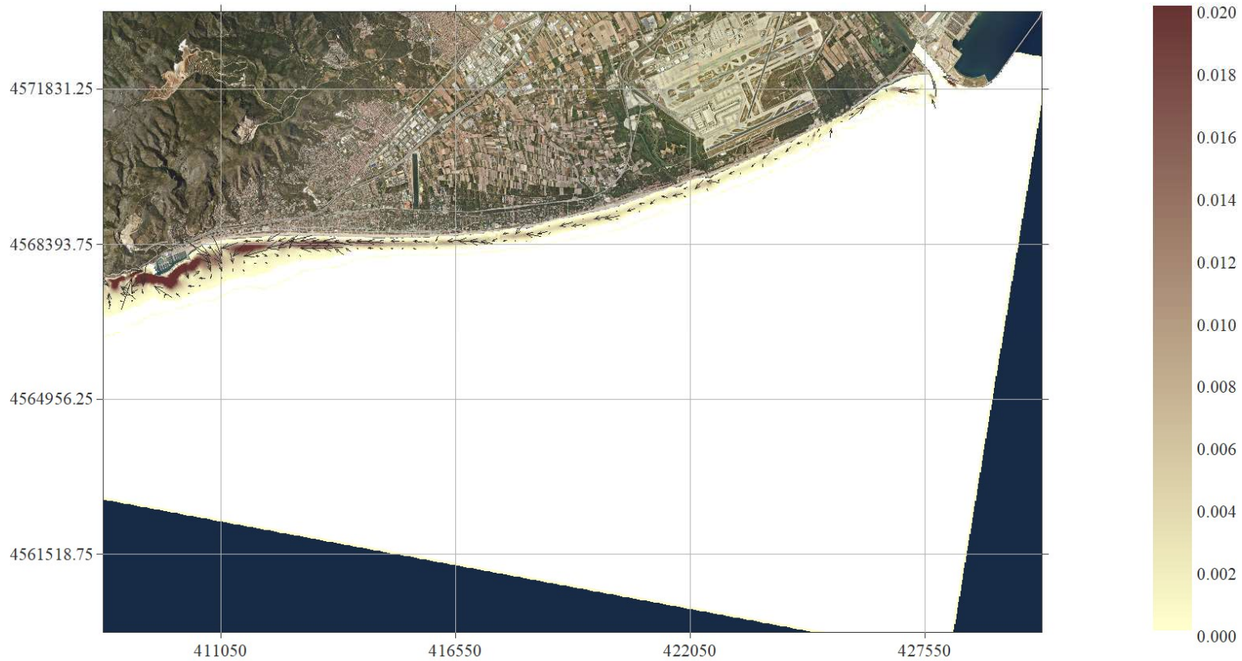


Caso 0122. H_s = 3,43 m; T_p = 8,8 s; Dir = 90º N (E)

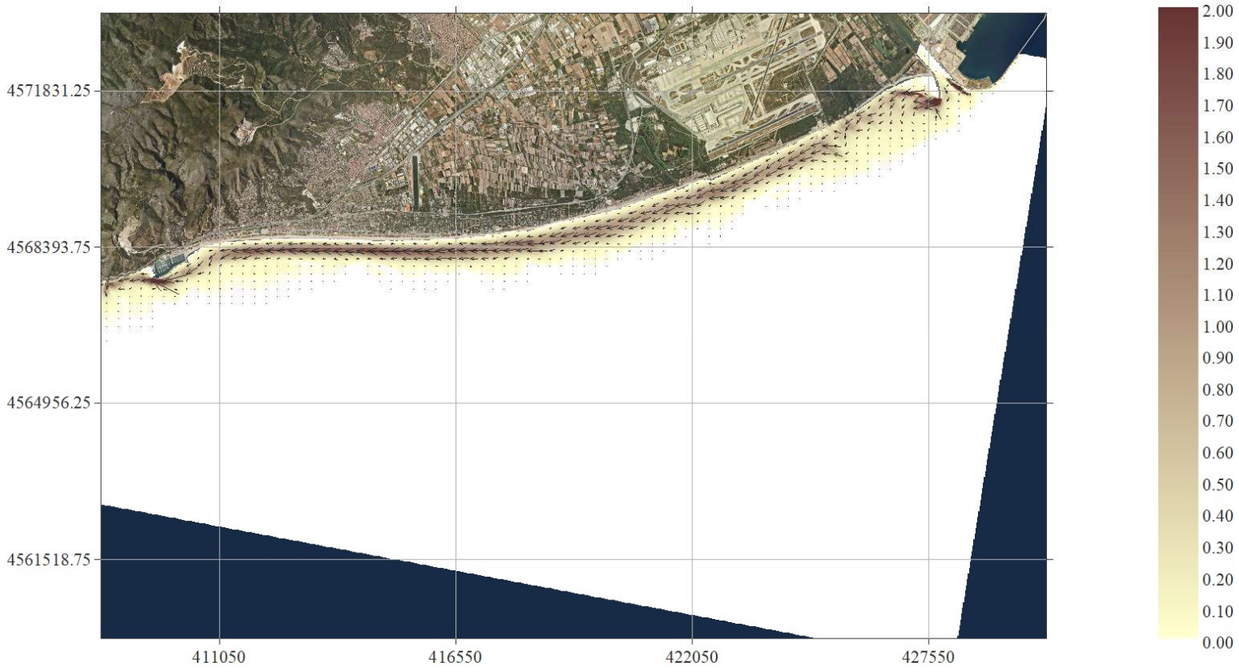
CAMPO DE CORRIENTES GENERADO POR LA ROTURA DEL OLEAJE



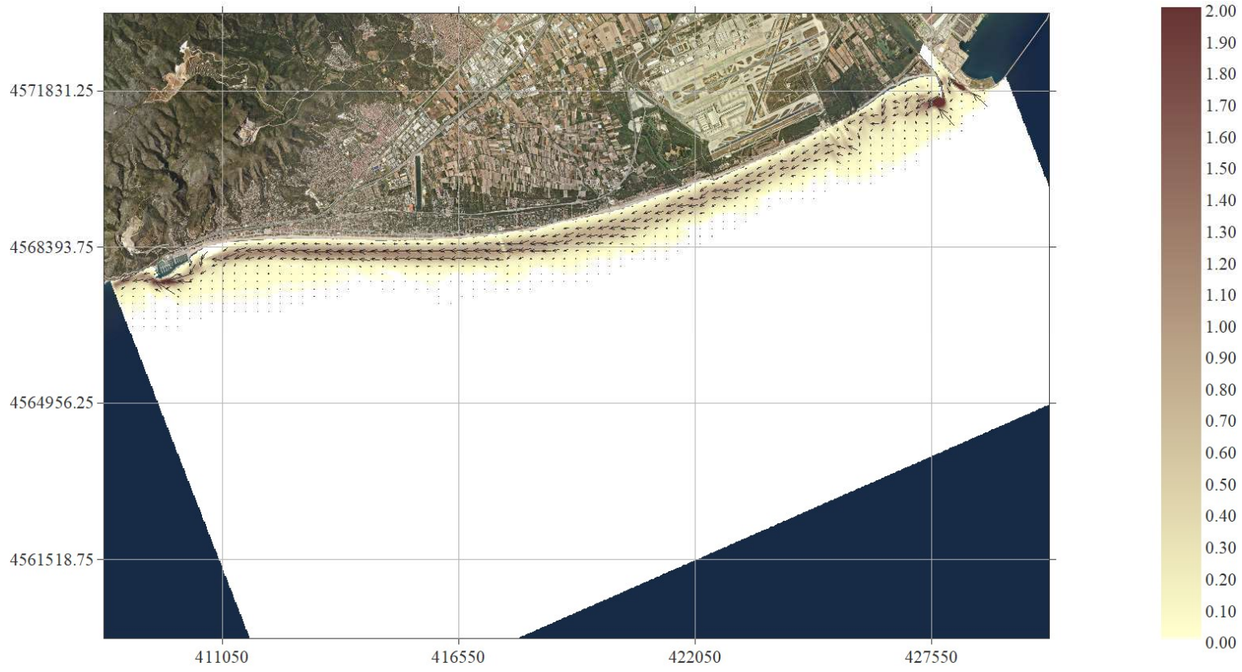
Caso 0203. H_s = 0,89 m; T_p = 5,7 s; Dir = 112,5º N (ESE)



Caso 0104. H_s = 0,89 m; T_p = 5,7 s; Dir = 135º N (SE)

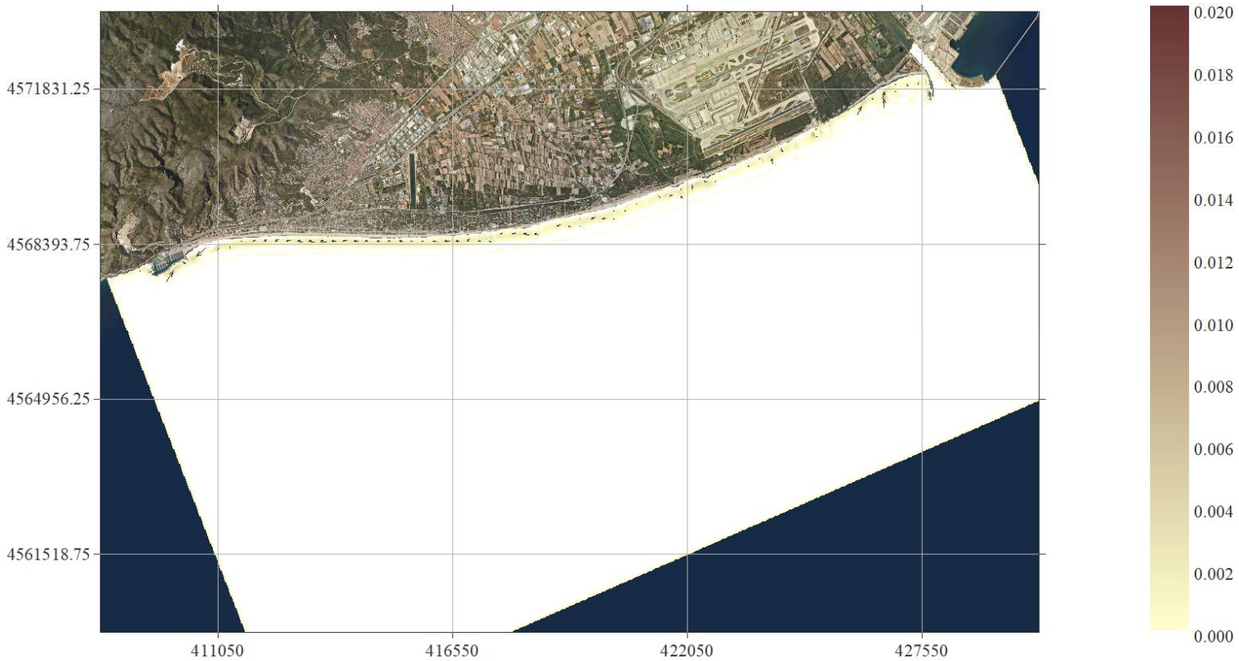


Caso 0123. H_s = 3,43 m; T_p = 8,8 s; Dir = 112,5º N (ESE)

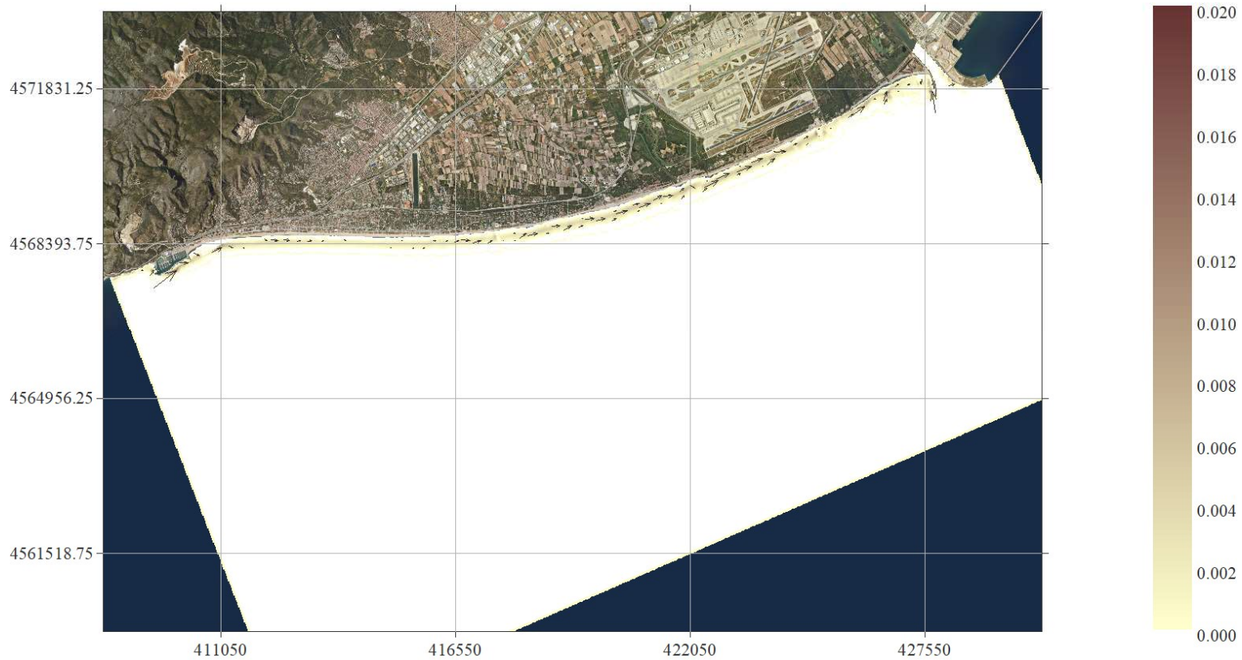


Caso 0224. H_s = 3,43 m; T_p = 8,8 s; Dir = 135º N (SE)

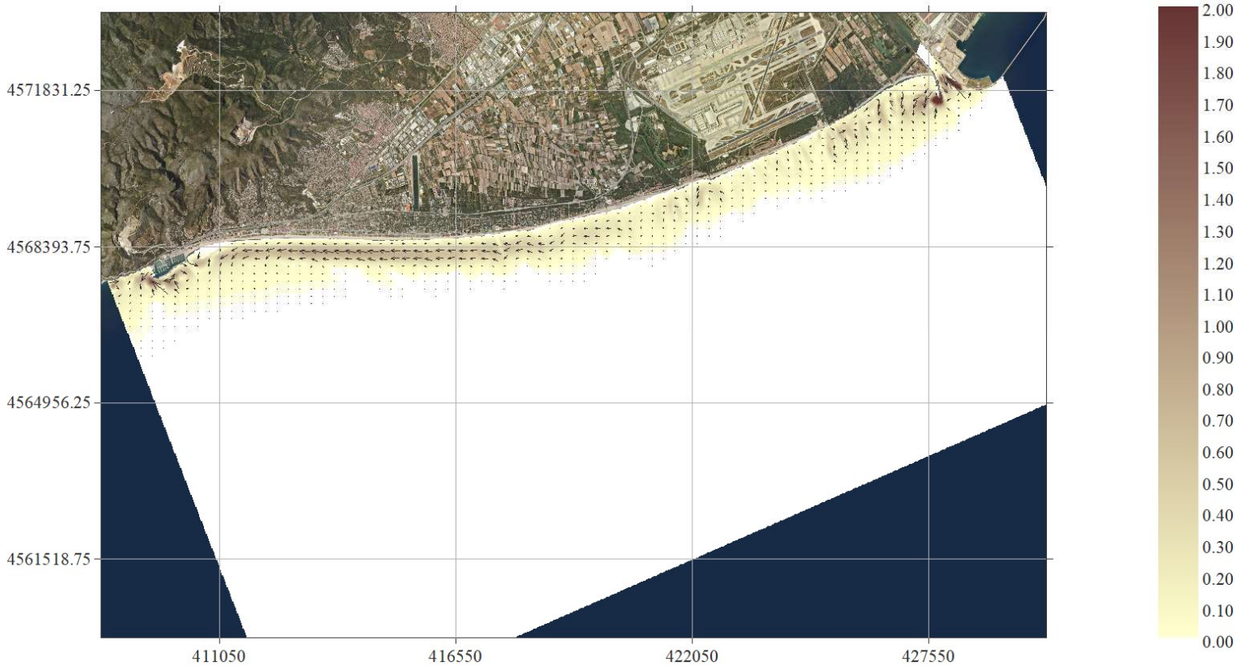
CAMPO DE CORRIENTES GENERADO POR LA ROTURA DEL OLEAJE



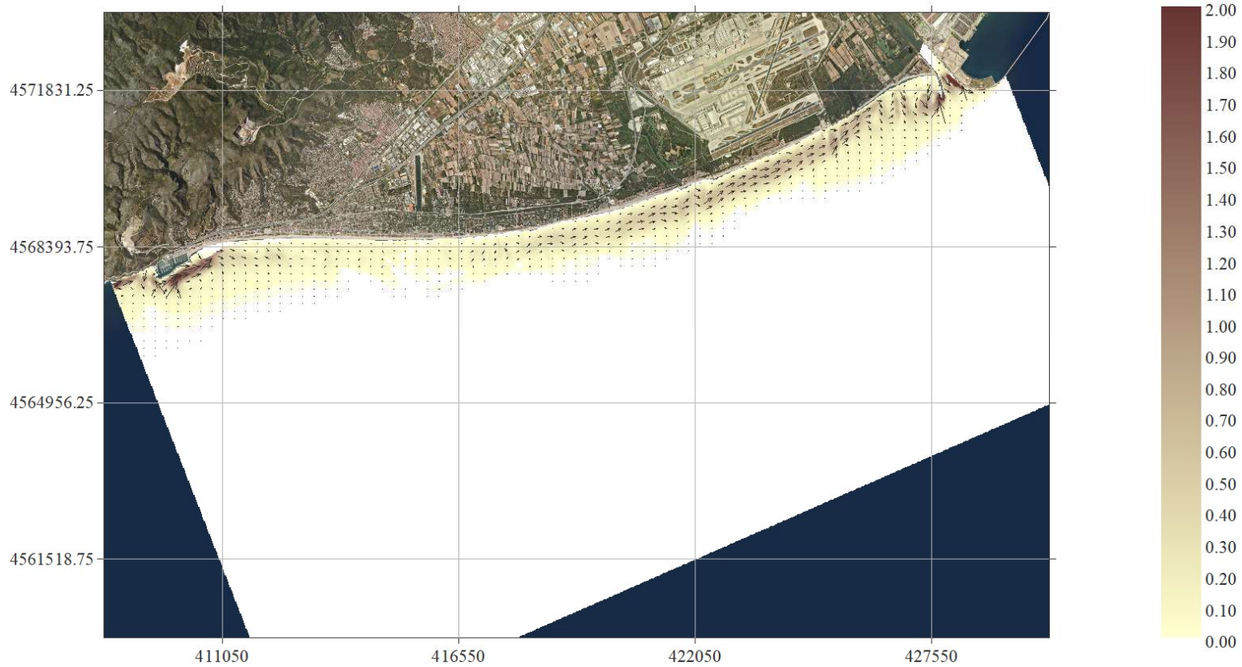
Caso 0215. H_s = 0,89 m; T_p = 5,7 s; Dir = 167,5º N (SSE)



Caso 0216. H_s = 0,89 m; T_p = 5,7 s; Dir = 180º N (S)

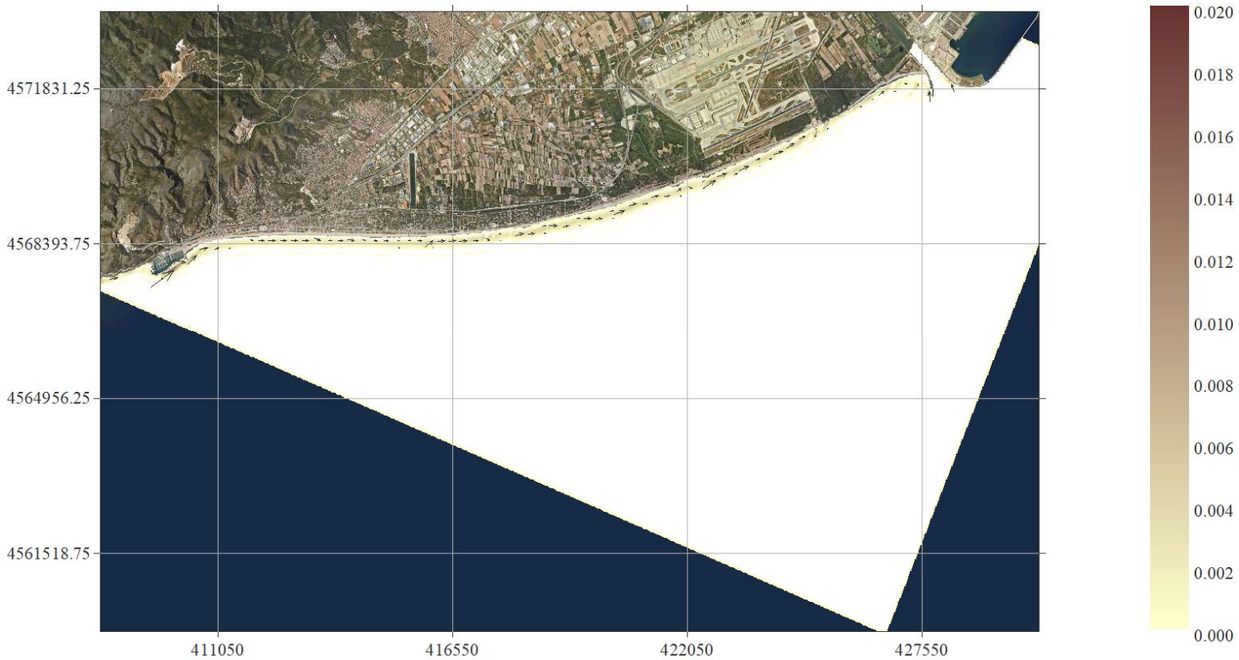


Caso 0225. H_s = 3,43 m; T_p = 8,8 s; Dir = 167,5º N (SSE)

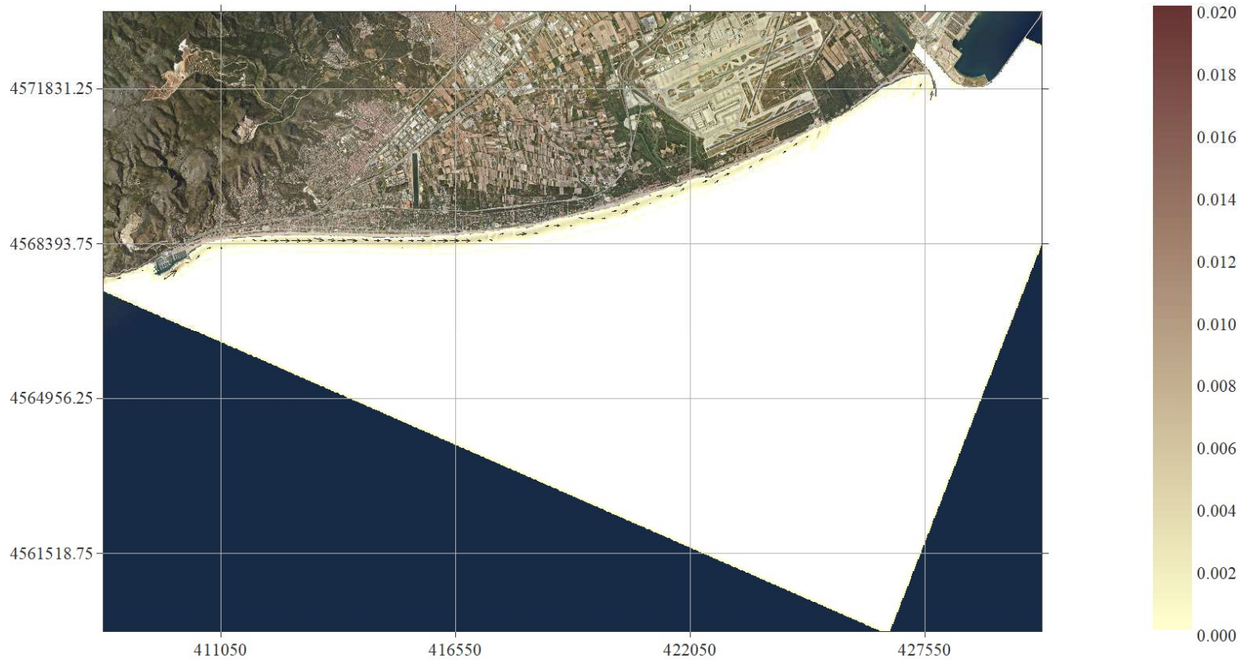


Caso 0226. H_s = 3,43 m; T_p = 8,8 s; Dir = 180º N (S)

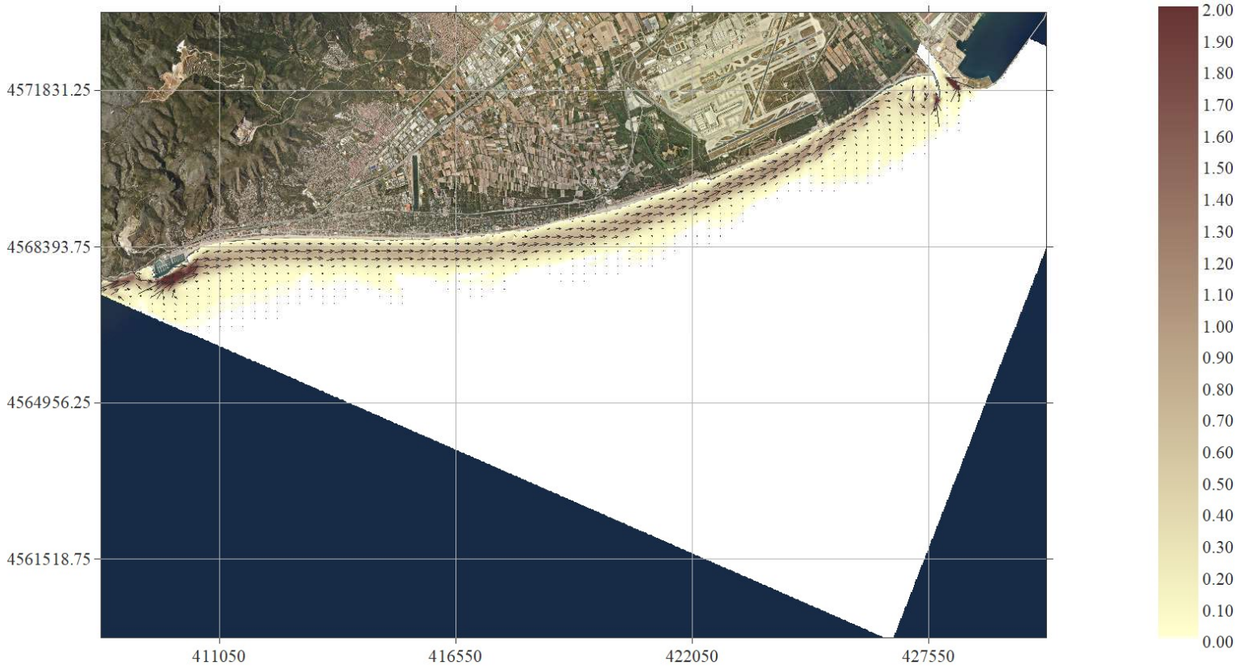
CAMPO DE CORRIENTES GENERADO POR LA ROTURA DEL OLEAJE



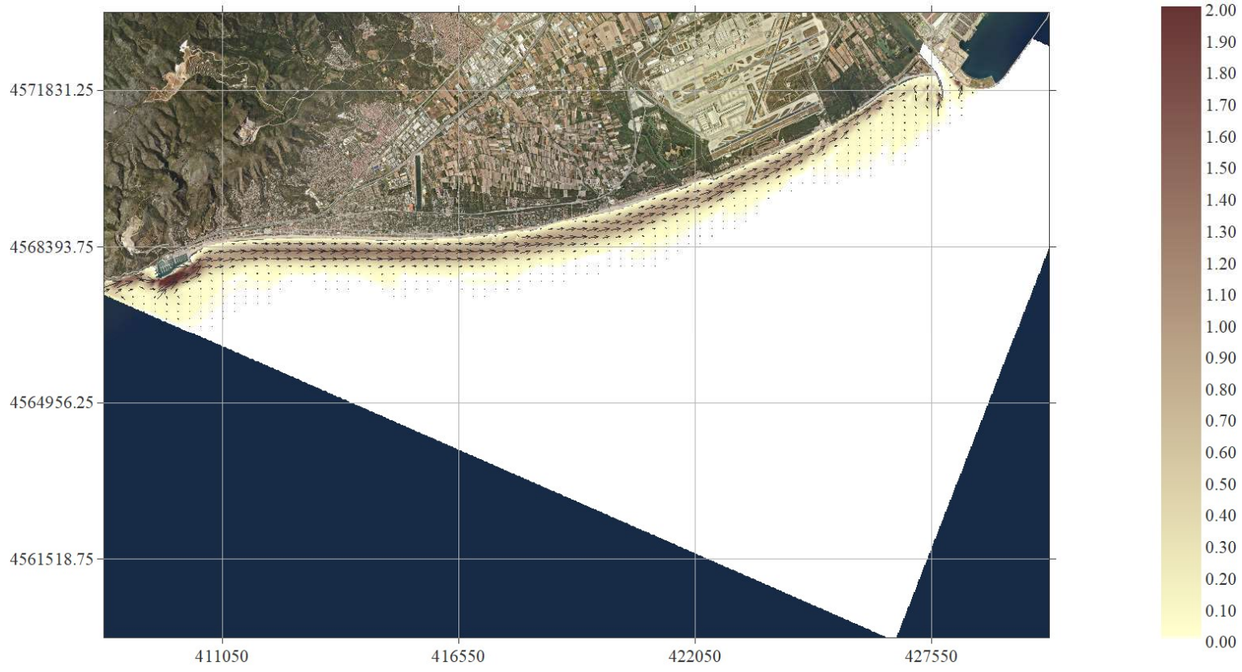
Caso 0317. H_s = 0,89 m; T_p = 5,7 s; Dir = 202,5º N (SSW)



Caso 0318. H_s = 0,89 m; T_p = 5,7 s; Dir = 225º N (SW)

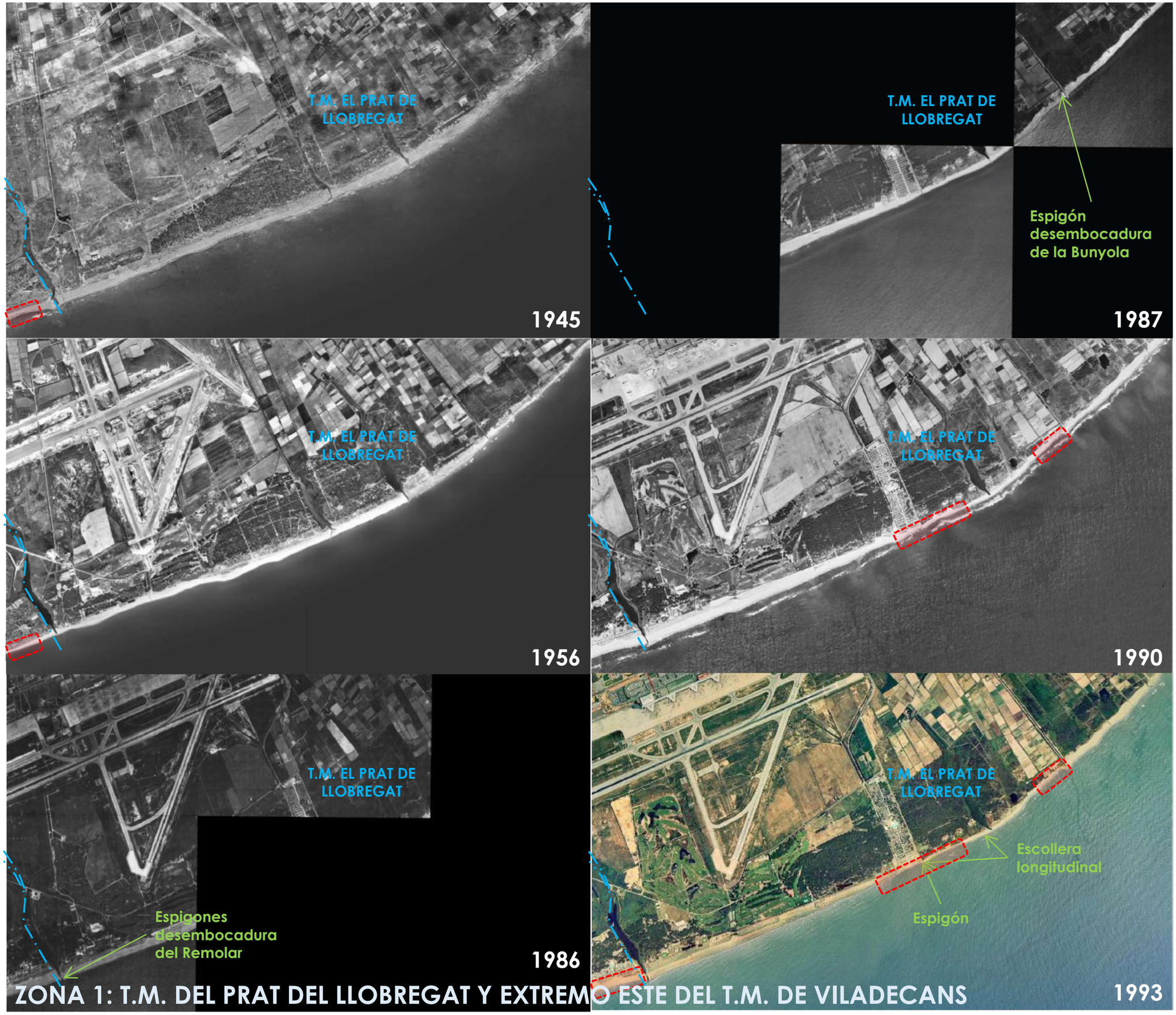


Caso 0327. H_s = 3,43 m; T_p = 8,8 s; Dir = 202,5º N (SSW)



Caso 0328. H_s = 3,43 m; T_p = 8,8 s; Dir = 225º N (SW)

APÉNDICE 2. COMPARACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS ENTRE 1947 Y 2022



ZONA 1: T.M. DEL PRAT DEL LLOBREGAT Y EXTREMO ESTE DEL T.M. DE VILADECANS

LEYENDA

- LÍMITE T.M.
- ESPIGONES, ESCOLLERAS… (1)
- APORTACIONES DE ARENA
- ZONAS EROSIONADAS (2)

(1) Se incluyen en la primera fotografía en que aparecen, por lo que no necesariamente representa el año de construcción

(2) Respecto a la fotografía inmediatamente anterior

LEYENDA

- LÍMITE T.M.
- ESPIGONES, ESCOLLERAS… (1)
- APORTACIONES DE ARENA
- ZONAS EROSIONADAS (2)

(1) Se incluyen en la primera fotografía en que aparecen, por lo que no necesariamente representa el año de construcción

(2) Respecto a la fotografía inmediatamente anterior

LEYENDA

- LÍMITE T.M.
- ESPIGONES, ESCOLLERAS… (1)
- APORTACIONES DE ARENA
- ZONAS EROSIONADAS (2)

(1) Se incluyen en la primera fotografía en que aparecen, por lo que no necesariamente representa el año de construcción

(2) Respecto a la fotografía inmediatamente anterior

LEYENDA

- LÍMITE T.M.
- ESPIGONES, ESCOLLERAS… (1)
- APORTACIONES DE ARENA
- ZONAS EROSIONADAS (2)

(1) Se incluyen en la primera fotografía en que aparecen, por lo que no necesariamente representa el año de construcción

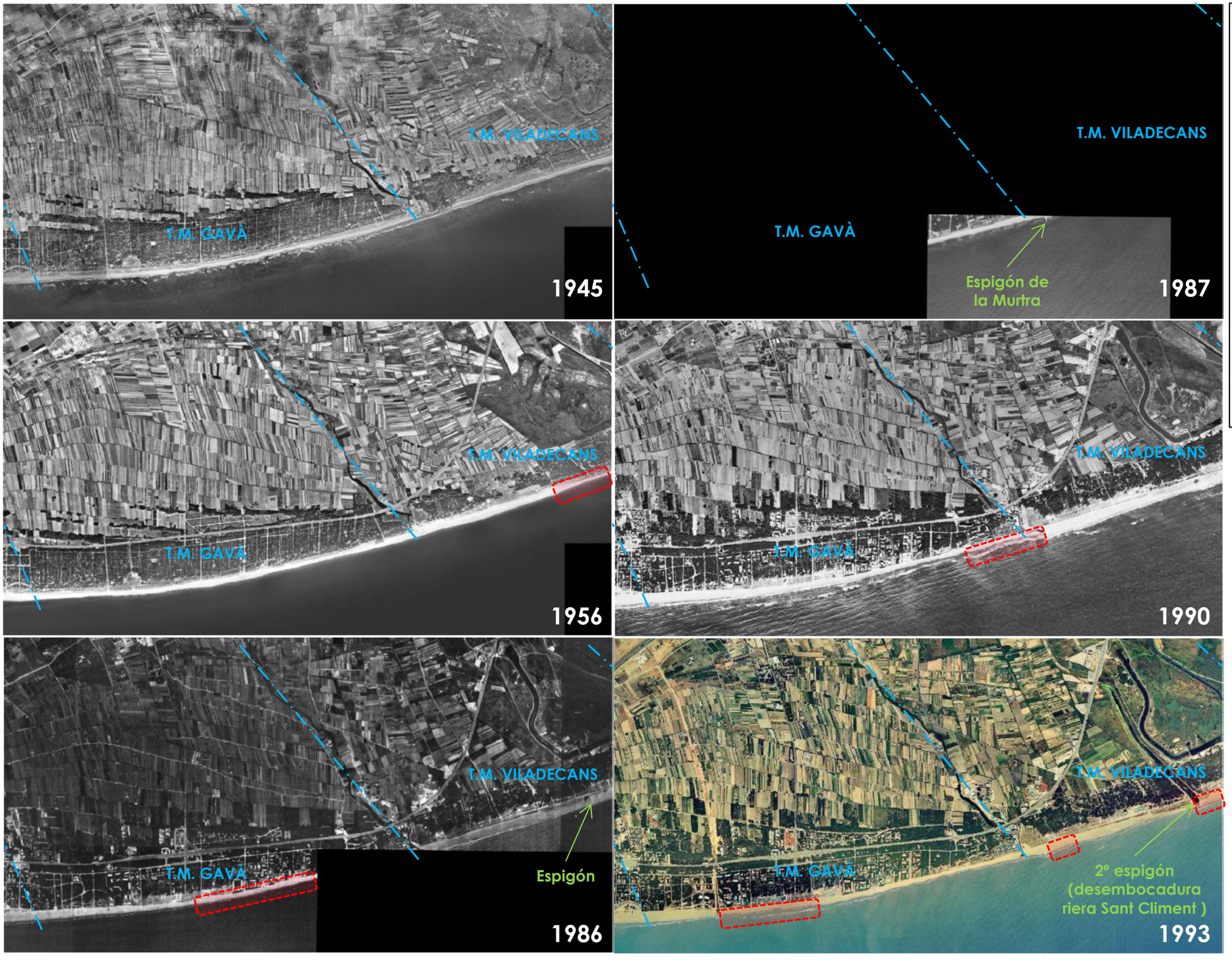
(2) Respecto a la fotografía inmediatamente anterior

LEYENDA

- LÍMITE T.M.
- ESPIGONES, ESCOLLERAS… (1)
- APORTACIONES DE ARENA
- ZONAS EROSIONADAS (2)

(1) Se incluyen en la primera fotografía en que aparecen, por lo que no necesariamente representa el año de construcción

(2) Respecto a la fotografía inmediatamente anterior



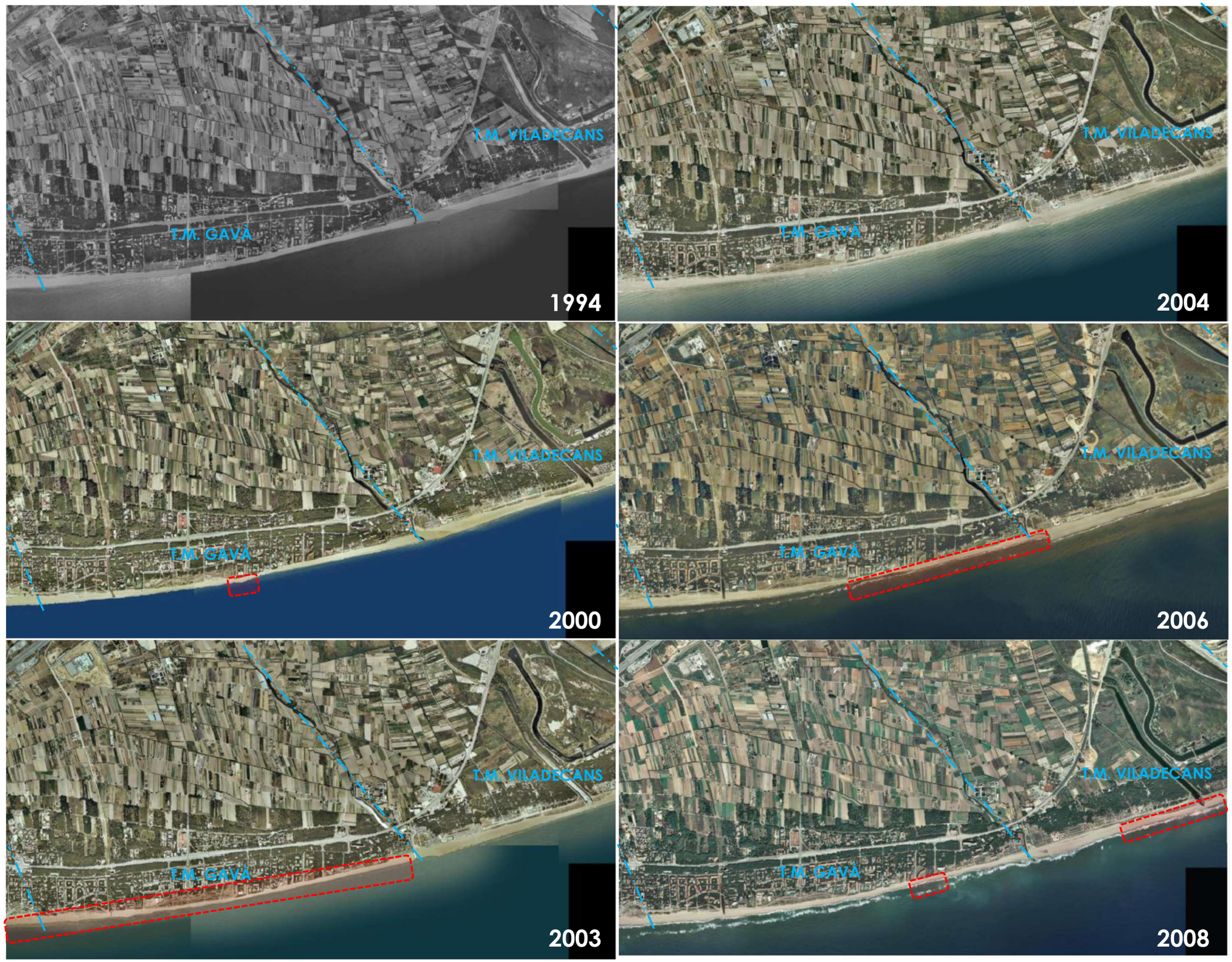
LEYENDA

- LÍMITE T.M.
- ESPIGONES, ESCOLLERAS… (1)
- APORTACIONES DE ARENA
- ZONAS EROSIONADAS (2)

(1) Se incluyen en la primera fotografía en que aparecen, por lo que no necesariamente representa el año de construcción

(2) Respecto a la fotografía inmediatamente anterior

ZONA 2: TT.MM. DE VILADECANS Y DE GAVÀ



LEYENDA

- LÍMITE T.M.
- ESPIGONES, ESCOLLERAS… (1)
- APORTACIONES DE ARENA
- ZONAS EROSIONADAS (2)

(1) Se incluyen en la primera fotografía en que aparecen, por lo que no necesariamente representa el año de construcción

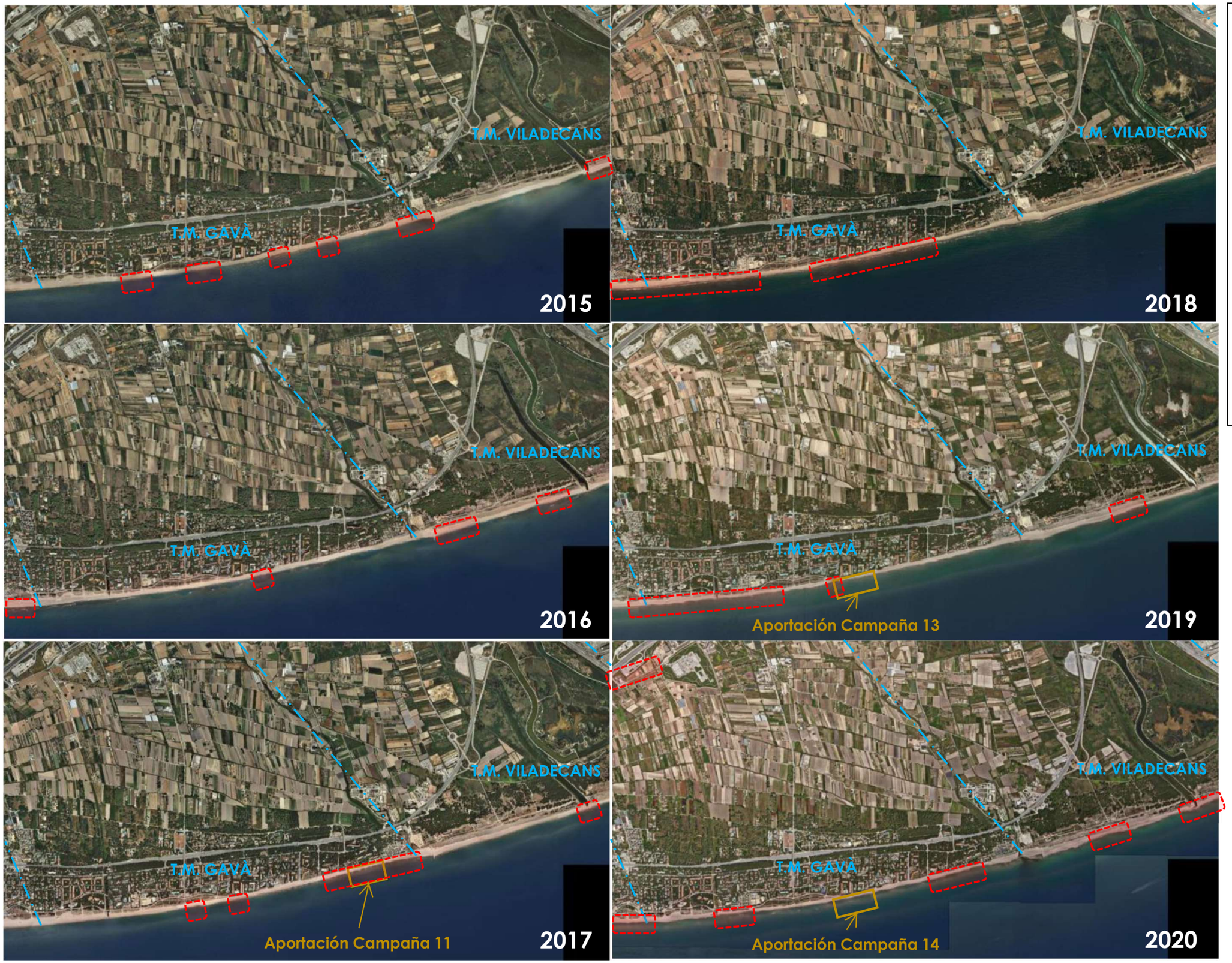
(2) Respecto a la fotografía inmediatamente anterior

LEYENDA

- LÍMITE T.M.
- ESPIGONES, ESCOLLERAS… (1)
- APORTACIONES DE ARENA
- ZONAS EROSIONADAS (2)

(1) Se incluyen en la primera fotografía en que aparecen, por lo que no necesariamente representa el año de construcción

(2) Respecto a la fotografía inmediatamente anterior



LEYENDA

- LÍMITE T.M.
- ESPIGONES, ESCOLLERAS… (1)
- APORTACIONES DE ARENA
- ZONAS EROSIONADAS (2)

(1) Se incluyen en la primera fotografía en que aparecen, por lo que no necesariamente representa el año de construcción

(2) Respecto a la fotografía inmediatamente anterior

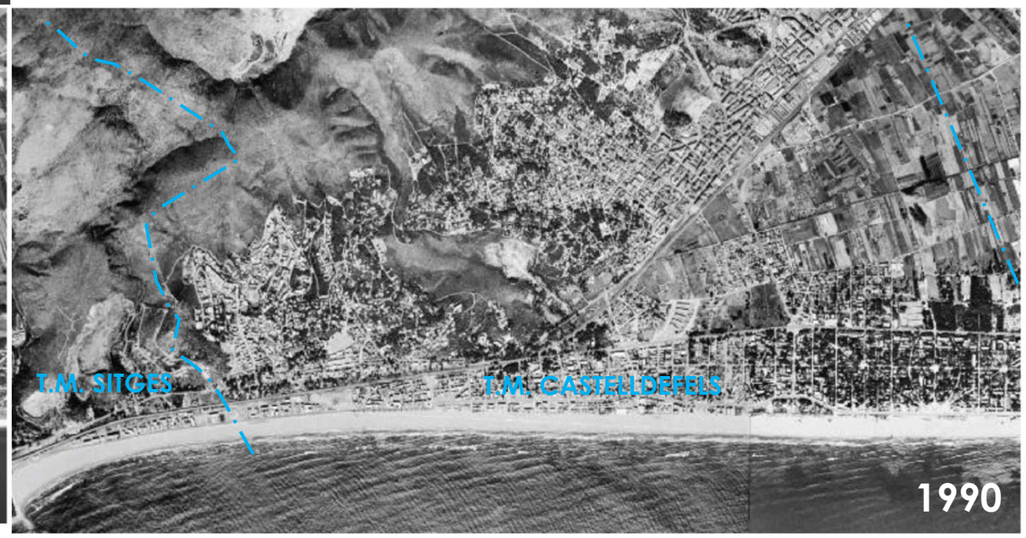
LEYENDA

- LÍMITE T.M.
- ESPIGONES, ESCOLLERAS… (1)
- APORTACIONES DE ARENA
- ZONAS EROSIONADAS (2)

(1) Se incluyen en la primera fotografía en que aparecen, por lo que no necesariamente representa el año de construcción

(2) Respecto a la fotografía inmediatamente anterior

1987



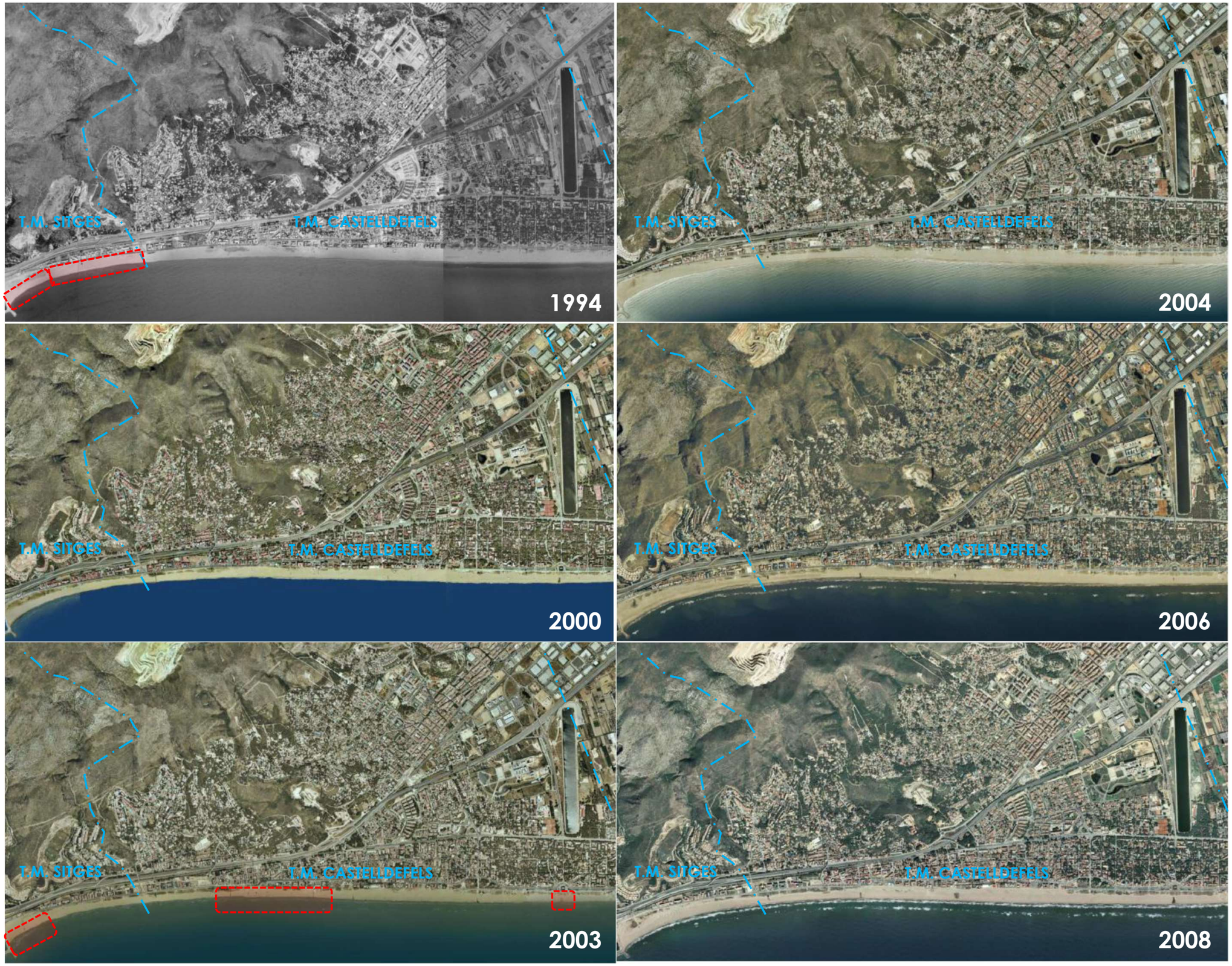
LEYENDA

- LÍMITE T.M.
- ESPIGONES, ESCOLLERAS… (1)
- APORTACIONES DE ARENA
- ZONAS EROSIONADAS (2)

(1) Se incluyen en la primera fotografía en que aparecen, por lo que no necesariamente representa el año de construcción

(2) Respecto a la fotografía inmediatamente anterior

ZONA 3: TT.MM. DE CASTELLDEFELS Y DE SITGES (LES BOTIGUES)



LEYENDA

- LÍMITE T.M.
- ESPIGONES, ESCOLLERAS… (1)
- APORTACIONES DE ARENA
- ZONAS EROSIONADAS (2)

(1) Se incluyen en la primera fotografía en que aparecen, por lo que no necesariamente representa el año de construcción

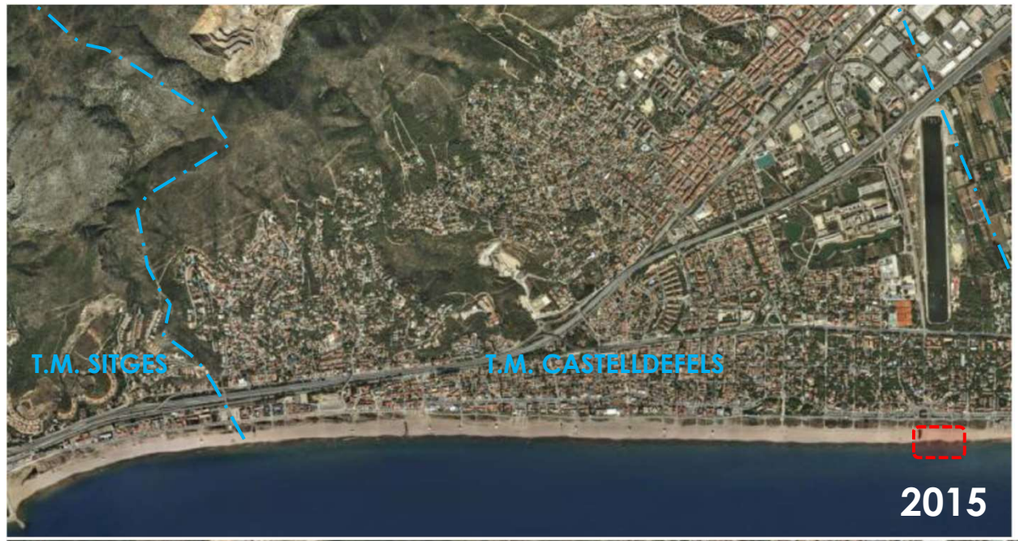
(2) Respecto a la fotografía inmediatamente anterior

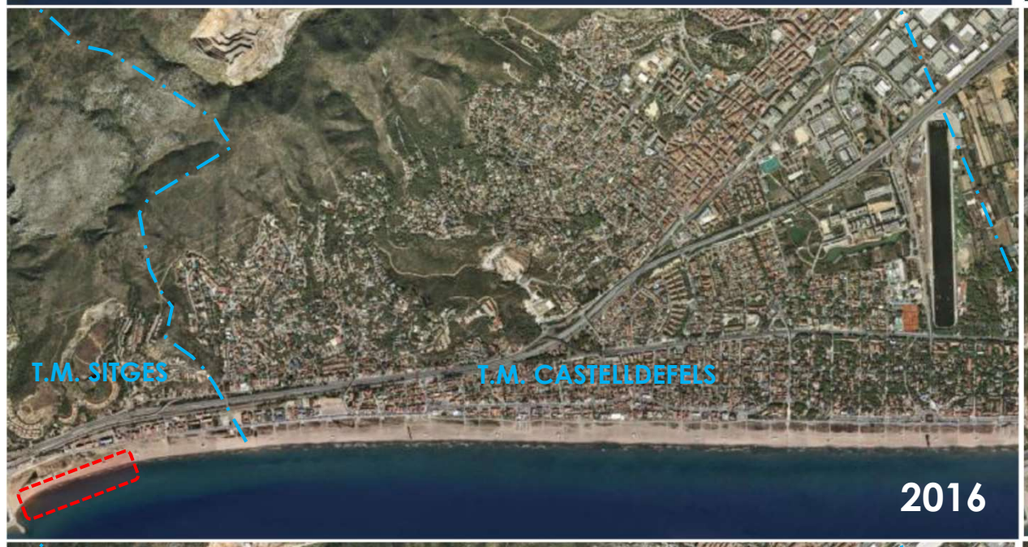
LEYENDA

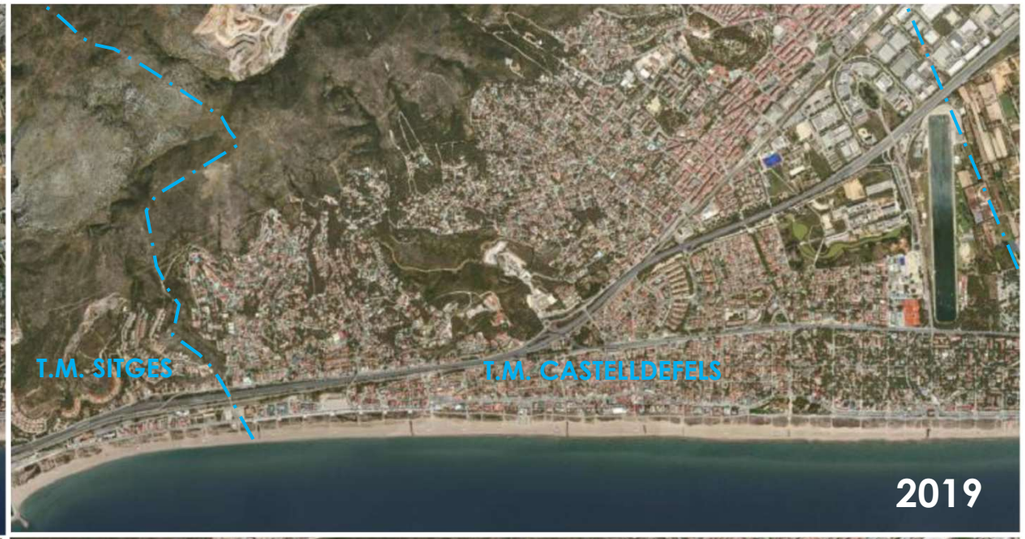
- LÍMITE T.M.
- ESPIGONES, ESCOLLERAS… (1)
- APORTACIONES DE ARENA
- ZONAS EROSIONADAS (2)

(1) Se incluyen en la primera fotografía en que aparecen, por lo que no necesariamente representa el año de construcción

(2) Respecto a la fotografía inmediatamente anterior







LEYENDA

- LÍMITE T.M.
- ESPIGONES, ESCOLLERAS… (1)
- APORTACIONES DE ARENA
- ZONAS EROSIONADAS (2)

(1) Se incluyen en la primera fotografía en que aparecen, por lo que no necesariamente representa el año de construcción

(2) Respecto a la fotografía inmediatamente anterior

LEYENDA

- LÍMITE T.M.
- ESPIGONES, ESCOLLERAS… (1)
- APORTACIONES DE ARENA
- ZONAS EROSIONADAS (2)

(1) Se incluyen en la primera fotografía en que aparecen, por lo que no necesariamente representa el año de construcción

(2) Respecto a la fotografía inmediatamente anterior

ANNEX Nº 4. ESTUDI D'ALTERNATIVES

C	21-11-24	Emissió per a Comentaris del Client	JEG/JIM	JEG	JEG
B	10-06-24	Emissió per a Comentaris del Client	JIM	JEG	JEG
A	27-05-24	Emissió per a Comentaris Interns	JIM	JEG	JEG
Revisió	**Data**	**Descripció**	**Realitzat**	**Revisat**	**Aprovat**

ÍNDEX

1. OBJECTIUS 1

2. COTA D'INUNDACIÓ 1

2.1 METODOLOGIA 1

2.2 DETERMINACIÓ DE LA COTA D'INUNDACIÓ AMB FORMULACIONS EMPÍRIQUES 1

2.2.1 INTRODUCCIÓ 1

2.2.2 APLICACIÓ DE LA FÓRMULA DE STOCKDON AL TEMPORAL DE GENER DE 2017 2

2.2.3 APLICACIÓ DE LA FÓRMULA DE STOCKDON AL TEMPORAL DE DE DISSENY 2

2.3 MAPES D'INUNDACIÓ DEL "MAPAMA" 3

3. ALTERNATIVES PLANTEJADES 4

3.1 TRAÇATS EN PLANTA. ALTERNATIVES PROPOSADES 4

3.1.1 CONSIDERACIONS SOBRE LA GÈNESI DELS ATERRAMENTS 4

3.1.2 TRAÇATS PROPOSATS 6

3.2 SECCIONS TIPUS. ALTERNATIVES PROPOSADES 6

3.2.1 GEO-TUBS 7

3.2.2 ESCULLERA COMBINADA AMB LÀMINA GEOTÈXTIL 8

3.2.3 PALPLANXES 8

3.2.4 PANTALLA DE PILONS I PLAQUES DE FUSTA 8

3.2.5 CONSIDERACIONS SOBRE LA VIDA ÚTIL DE L'ESTRUCTURA 9

3.2.6 ANÀLISI COMPARATIVA DE LES TIPOLOGIES DE SECCIONS PLANTEJADES 9

4. ALTRES ACTUACIONS: PERLLONGAMENT DE L'ESPIGÓ (CAP A TERRA) 10

Apèndix 1. Plànols de l'Estudi d'alternatives

Índex de figures

Figura 1. Components del "run up" o "remuntada". Font: Stockdon et al. (2006). 1

Figura 2. Variables considerades per el càlcul de la cota de coronació considerant la percolació. Font: Universidad de Cantabria. 1

Figura 3. Límit del "run up" assolit durant el temporal de gener de 2017 (en groc) amb Hs =5,21 m, direcció 104º N a la boia de Barcelona II (associat a un període de retorn d'uns 17 anys), les acumulacions produïdes durant l'episodi de temporal. Font: Marciglob i ICGC. 2

Figura 4. Càlcul de la cota d'inundació. Temporal de gener de 2017. Font: Marciglob 2

Figura 5. Càlcul de la cota d'inundació. Temporal de disseny. Font: Marciglob 3

Figura 6. Mapa d'inundació, R=100 anys, a Gavà-Viladecans, R=100 anys, banda del 90% i "run up" = R2%. Font: Visor de risc d'inundació del MAPAMA, "Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables". 3

Figura 7. Ubicació de la zona a una distancia de 90 metres de la línia de costa a la desembocadura del Remolar. Font: MARCIGLOB i Google. 3

Figura 8. Morfologia de la zona de projecte abans de la majoria de les actuacions antròpiques: Desembocadura del Remolar l'any 1929 (a dalt) i l'any 1957 (a baix). Font: Marciglob a partir de material gràfic de l'ICGC 4

Figura 9. Desembocadura del Remolar els anys 1967 (amb escullera a la desembocadura), 2011 i 2023. L'amplada de platja ha crescut considerablement (veure Annex 3). Font: Marciglob a partir de material gràfic de l'ICGC (a dalt) y Marciglob (a baix). 5

Figura 10. Límit del "run up" assolit durant el temporal de gener de 2017 (en groc) amb Hs =5,21 m, direcció 104º N a la boia de Barcelona II (associat a un període de retorn d'uns 17 anys), i acumulacions produïdes durant l'episodi de temporal. Font: Marciglob i ICGC. 5

Figura 11. Límit del "run up" assolit durant el temporal del 21 d'octubre de 2007 (en groc), Hs = 2,93 m i Direcció 63N (boia de Barcelona II). Font: Marciglob i ICGC. 5

Figura 12. En groc, límit del "run up" ala zona vegetada (a dalt) i a la berma sorrenca (a baix) assolit durant el temporal del 21/3/ 2015, Hs = 3, m i Direcció 103º N (boia de Barcelona II). Font: Marciglob i ICGC. 6

Figura 13. Esquema conceptual dels dos traçats proposats. Font: Marciglob 6

Figura 14. Exemples d'una protecció de geo-tubs sense cap mena de cobertura. 7

Figura 15. Esquema conceptual d'una protecció mitjançant geo-tubs recoberts amb sorra i una capa vegetal. 7

Figura 16. Esquema conceptual d'una protecció mitjançant geo-tubs recoberts amb pedraplè ("rip-rap") i/o escullera. 7

Figura 17. Esquema conceptual i dimensions d'un geo-tub. 8

Figura 18. Exemples de la utilització de palplanxes en la protecció contra inundacions. 8

Figura 19. Exemples de la utilització de pantalla de pilons i plaques de fusta. 9

Figura 20. Vida útil mínima de diferents obres marítimes. Font: PPEE 9

Figura 21. Criteris emprats a l'anàlisi comparativa. Font: Marciglob 10

Figura 22. Actuació a l'espigó existent (taronja), a executar amb escullera. Font: Marciglob 10

Figura 23. Anàlisi comparativa de les diferents tipologies de seccions per a un escenari de vida útil V = 15 a 20 anys. Font: Marciglob 11

Figura 24. Anàlisi comparativa de les diferents tipologies de seccions per a un escenari de vida útil V = 30 a 40 anys. Font: Marciglob 12

1. OBJECTIUS

L'objectiu de les actuacions és protegir el canal de sortida de l'estany del Remolar amb una barrera física que impedeixi que el "run up" o remuntada de l'onatge incident durant temporals arrossegui i aboqui sorres al canal de sortida de l'estany.

2. COTA D'INUNDACIÓ

2.1 METODOLOGIA

En primer lloc s'ha fet una estimació de la cota d'inundació deguda a la combinació del nivell del mar i onatge, per a la qual cosa s'ha seguit mitjançant una aproximació holística que considera:

- La cota obtinguda amb formulacions empíriques, interpretades i validades amb imatges aèries posteriors a determinats temporals.
- Els mapes d'inundació del MAPAMA (antic Ministeri de Medi Ambient).

2.2 DETERMINACIÓ DE LA COTA D'INUNDACIÓ AMB FORMULACIONS EMPÍRIQUES

2.2.1 INTRODUCCIÓ

Per a la determinació de la cota teòrica a la qual pot arribar l'onatge "R" ("run up" o "remuntada" del 2%) sobre el nivell de mar de referència s'utilitzarà la fórmula de Stockdon et al. (2006), ja que es considera l'anàlisi analítica més exhaustiva del "run up" en platges realitzat fins l'actualitat. Les equacions es descriuen a continuació:

$$R = 1.1\left[<\eta> + \frac{\sqrt{S_{inc}^2 + S_{ig}^2}}{2}\right]$$

$$<\eta> = 0.35 tan\beta (H_0 L_0)^{0.5}$$

$$S_{inc} = 0.75 tan\beta (H_0 L_0)^{0.5}$$

$$S_{ig} = 0.06 (H_0 L_0)^{0.5}$$

on H_0 i Lo són respectivament l'alçada i longitud d'ona a la cota -80 m i tgnβ és el pendent del front de la platja. La Figura 1il·lustra el significat de les variables geomètriques que intervenen a la formulació.

Amb l'objectiu de tenir en consideració la influència de la percolació i de la berma de la platja, el valor de "run up" realment a emprar serà l'obtingut amb la següent expressió:

$$R_u = R * \gamma_b * \gamma_b * \gamma_w$$

El significat de cada variable d'aquesta expressió es mostra a la Figura 2

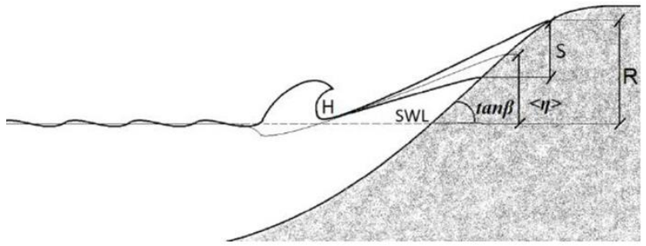


Figura 1. Components del "run up" o "remuntada". Font: Stockdon et al. (2006).

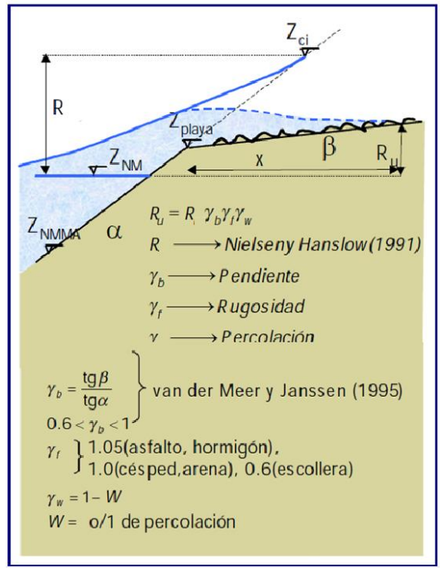


Figura 2. Variables considerades per el càlcul de la cota de coronació considerant la percolació. Font: Universidad de Cantabria.

Per tant, la cota absoluta d'inundació (Z_{CI}) serà

$$Z_{CI} = R_U + Z_{NM}$$

on Z_{NM} és la cota del nivell del mar considerat en cada cas.

Cal esmentar que la cota d'inundació obtinguda pot ser superior a la cota del terreny, i que en aquest cas el flux associat al "run up" es detindria per la fricció amb el terreny.

2.2.2 APLICACIÓ DE LA FÓRMULA DE STOCKDON AL TEMPORAL DE GENER DE 2017

En aquesta secció s'aplicarà la formulació de Stockdon per el càlcul del "run up" durant el temporal de gener de 2017:

- Alçada d'ona significant H_s (boia de Barcelona II) = 5,21 m, (associat a un període de retorn de 17 anys).
- Període pic T_p = 10 s
- Longitud d'ona a aigües fondes: L_o = 156 m.
- Direcció de procedència de l'onatge a la boia: 104º N
- Nivell del mar : NM = +0,10 m r/ ZA o NMMA (Zero d'Alacant o Nivell Mitjà del Mar a Alacant)
- Pendent del talús de la platja, tanβ = 0,10.

L'estat del canal de sortida de l'estany després del temporal es mostra a la Figura 3, a la que es pot apreciar que el "run up" va assolir la +1,87 m, i que el tram de canal ubicat junt a zones amb cotes entre +2,21 i +2,36 m no va patir aterraments (marcat amb un rectangle vermell).

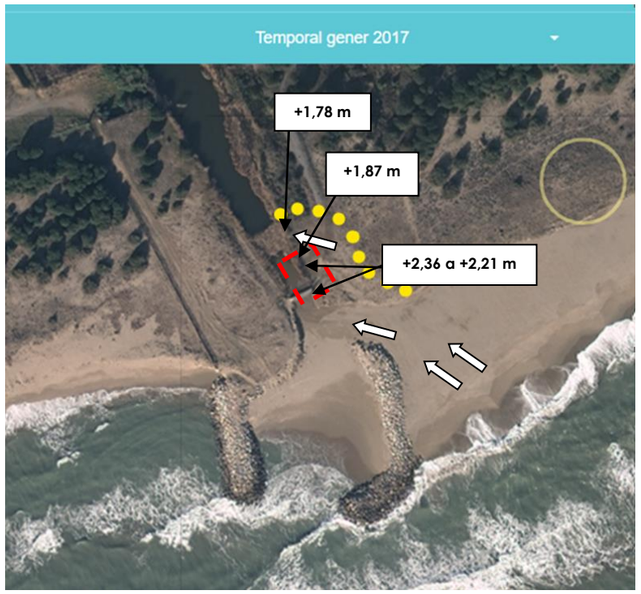
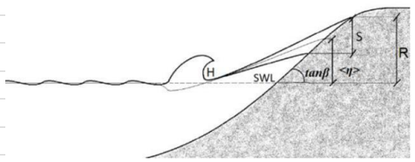


Figura 3. Límit del "run up" assolit durant el temporal de gener de 2017 (en groc) amb H_s =5,21 m, direcció 104º N a la boia de Barcelona II (associat a un període de retorn d'uns 17 anys), i les acumulacions produïdes durant l'episodi de temporal. Font: Marciglob i ICGC.

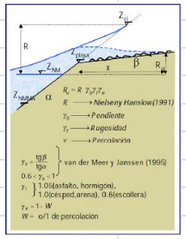
A la Figura 4 es mostra el càlcul realitzat, havent-se obtingut una cota d' inundació de +1,70 m (respecte el ZA o NMMA), similar a la de les punts que va assolir el "run up" durant el temporal de gener de 2017 (Figura 3). Per tant es considera que els paràmetres i coeficients utilitzats en les formulacions de càlcul son vàlids.

STOCKON ET AL (2006). TEMPORAL DE GENER DE 2017



Hs (-80 m)=	5,20	m
Lo=	156,00	m
Tp=	10,00	s
beta=		
Tan β=	0,10	
ro=	1,03	
S inc=	2,21	
S ig=	1,71	
R 2%=	2,67	m
Nivell de mar durant el temporal (21/1/2017):	0,10	m (CA)
Increment del nivel medio del mar (15 anys, interpolat):	0,00	m (CA)
Cota d´inundació respecte al NMMA (sense percol.lació)=	2,76	m (CA)

EFECTE DE LA PERCOLACIÓ: Ru = R * γb * γb *γw



Ruo=	2,67	m
Tan β=	0,004	
Tan α=	0,103	
γb=	0,60	
γf=	1,00	
γω=	1,00	
Ru=	1,60	m
Cota d´inundació respecte al NMMA=	1,70	m

Figura 4. Càlcul de la cota d'inundació. Temporal de gener de 2017. Font: Marciglob

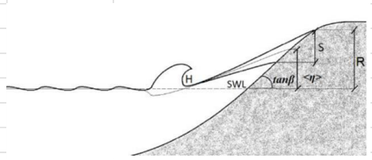
2.2.3 APLICACIÓ DE LA FÓRMULA DE STOCKDON AL TEMPORAL DE DE DISSENY

Per al càlcul de la cota d'inundació se han utilitzat els següents paràmetres (veure Annex nº 5 "Bases de disseny"):

- L'alçada d'onada associada al període de retorn de disseny (Tr = 67, 75 anys): H_s = 5,92 m , amb un període pic T_p=10,53 s i una alçada d'ona en aigües fondes L_0=173 m,
- El nivell de mar associat a un període de retorn de 5 anys (+0,74 m ZA) i un augment del nivell mitjà del mar a causa del canvi climàtic de 0,15 metres (horitzó 2040).

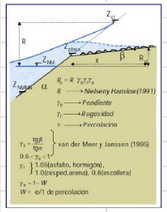
Els càlculs realitzats es mostren a la Figura 5 indiquen una cota d'inundació de +2,69 m ZA. La vora de llevant del canal es troba a cotes inferiors a l'obtinguda (excepte la duna), i per tant el "run up" es detindrà abans d'assolir la cota calculada per la fricció i percolació. Per tant, el resultat és compatible amb les cotes de les zones assolides pel "run up" en temporals passats.

STOCKON ET AL (2006). TEMPORAL DE DISSENY



Hs (-80 m)=	5,92	m
Lo=	173,00	m
Tp=	10,53	s
beta=		
Tan β=	0,10	
ro=	1,16	
S inc=	2,48	
S ig=	1,92	
R 2%=	3,00	m
Nivell de mar durant el temporal (21/1/2017):	0,74	m (CA)
Increment del nivel medio del mar (horitzó 15 anys, interpolat banda del 95%, ssp585 i ssp245):	0,15	m (CA)
Cota d´inundació respecte al NMMA (sense percol.lació)=	3,89	m (CA)

EFECTE DE LA PERCOLACIÓ: Ru = R * γb * γb *γw



Ruo=	3,00	m
Tan β=	0,004	
Tan α=	0,103	
γb=	0,60	
γf=	1,00	
γω=	1,00	
Ru=	1,80	m
Cota d´inundació respecte al NMMA=	2,69	m

Figura 5. Càlcul de la cota d'inundació. Temporal de disseny. Font: Marciglob

Cal esmentar que a la zona d'estudi l'onatge està sotmès a trencament, i per tant a més de l'alçada d'onada, el període i el nivell del mar son variables fonamentals en la cota assolida pel "run up".

2.3 MAPES D'INUNDACIÓ DEL "MAPAMA"

L'antic Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació (*MAPAMA)* va desenvolupar el *"Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables"*, amb mapes d'inundació degut a l'onatge per a períodes de retorn de 100 i 500 anys. Si bé els mapes no cobreixen la zona d'estudi, s sí proporcionen resultats a zones properes de característiques similars, com la mostrada a la Figura 6entre Viladecans i Gavà, en la que s'aprecia una distància horitzontal d'inundació des de la línia de costa d'uns 90 metres.

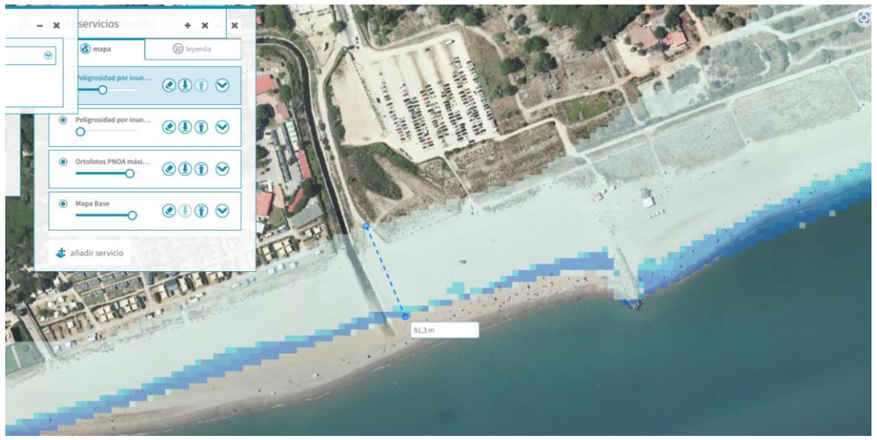


Figura 6. Mapa d'inundació, R=100 anys, a Gavà-Viladecans, R=100 anys, banda del 90% i "run up" = $R_{2\%}$. Font: Visor de risc d'inundació del MAPAMA, "Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables".

S'ha realitzat l'exercici de mesurar una distància d'uns 90 metres des de la línia de costa a la zona d'estudi. Cal esmentar que no s'ha considerat el possible retrocés de la platja durant el temporal.

A la Figura 7es mostra la zona ubicada a uns 90 metres (en blau), que seria l'assolida per la inundació. Els valors de les cotes a la zona es troben entre la +2,00 i la +2,20 m, amb punts més propers a la costa amb cotes d'uns +2,20 a +2,36 m, i per tant es tracta de valors compatibles amb els resultats obtinguts a l'anterior secció.

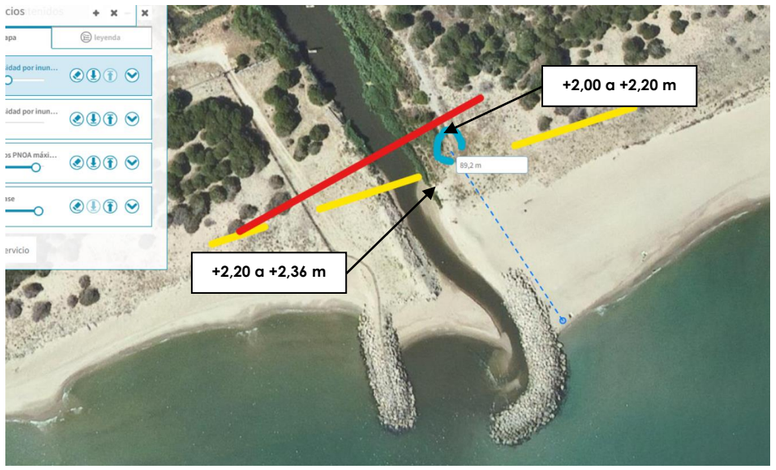


Figura 7. Ubicació de la zona a una distancia de 90 metres de la línia de costa a la desembocadura del Remolar. Font: MARCIGLOB i Google.

3. ALTERNATIVES PLANTEJADES

Es plantegen sis (6) alternatives, que resulten de combinar dos (2) traçats en planta i tres (3) tipologies de seccions.

3.1 TRAÇATS EN PLANTA. ALTERNATIVES PROPOSADES

3.1.1 CONSIDERACIONS SOBRE LA GÈNESI DELS ATERRAMENTS

Com s'explica a l'Annex 3. Estudi de dinàmica litoral, a desembocadura ha experimentat una sèrie d'actuacions antròpiques que han tingut com a conseqüència la modificació de la seva morfologia natural (veure Figura 8 i seccions 6.3 i 6.4 de l'esmentat Annex 3 i un augment d'uns 120 m en la longitud del canal del sortida de l'Estany del Remolar (Figura 9). Aquestes actuacions, incloent-hi la canalització amb espigons (en forma d'embús als anys 60 i posteriorment amb la configuració actual (veure seccions 6.2 i 6.3 de l'Annex 3) han provocat:

- La creació de les condicions per a la formació d'una platja bastant estable entre els espigons.
- La modificació de la dinàmica transversal (tant l'estacional estiu/hivern com durant episodis de temporal) en aquest tram de platja, alterant l'equilibri natural propi d'una desembocadura).

La Figura 10 mostra els patrons de la penetració de sorres transportades pel flux d'aigua que remunta la platja ("run up"). El recorregut es pot distingir pel color del terreny a les fotografies aèries i per les acumulacions durant diferents episodis de temporals:

- El límit del recorregut del "run up" és l'indicat en color groc a la Figura 10 obtinguda després del temporal de gener de 2017.
- Es por apreciar com al tram intermedi (en vermell a la Figura 10) es produeixen menys acumulacions. Es tracta d'un tram del canal amb unes cotes a la seva marge esquerra entorn a la +2,30 m.

De l'observació de la Figura 11sembla desprendre's que l'antic pantalà situat a llevant de la sortida del Remolar fixava parcialment la berma de la platja i limitava la penetració del "run up".

Es pot concloure que el aterraments que es produeixen des de la platja a llevant de la sortida, anomenada "del Remolar" o "dels Militars" són causats per la combinació de les conseqüències de les actuacions antròpiques a la zona i a la penetració de sorres transportades pel flux d'aigua que remunta la platja ("run up") a causa de l'onatge en episodis de temporals, principalment de component E , tot i que no limitats a aquesta direcció

Per tant, les opcions que es consideraran consistiran en barreres al "run up" de la platja del Remolar per a evitar l'aterrament del canal d'entrada, tot considerant els valors de cota d'inundació calculats i les cotes del terreny a la zona d'actuació.

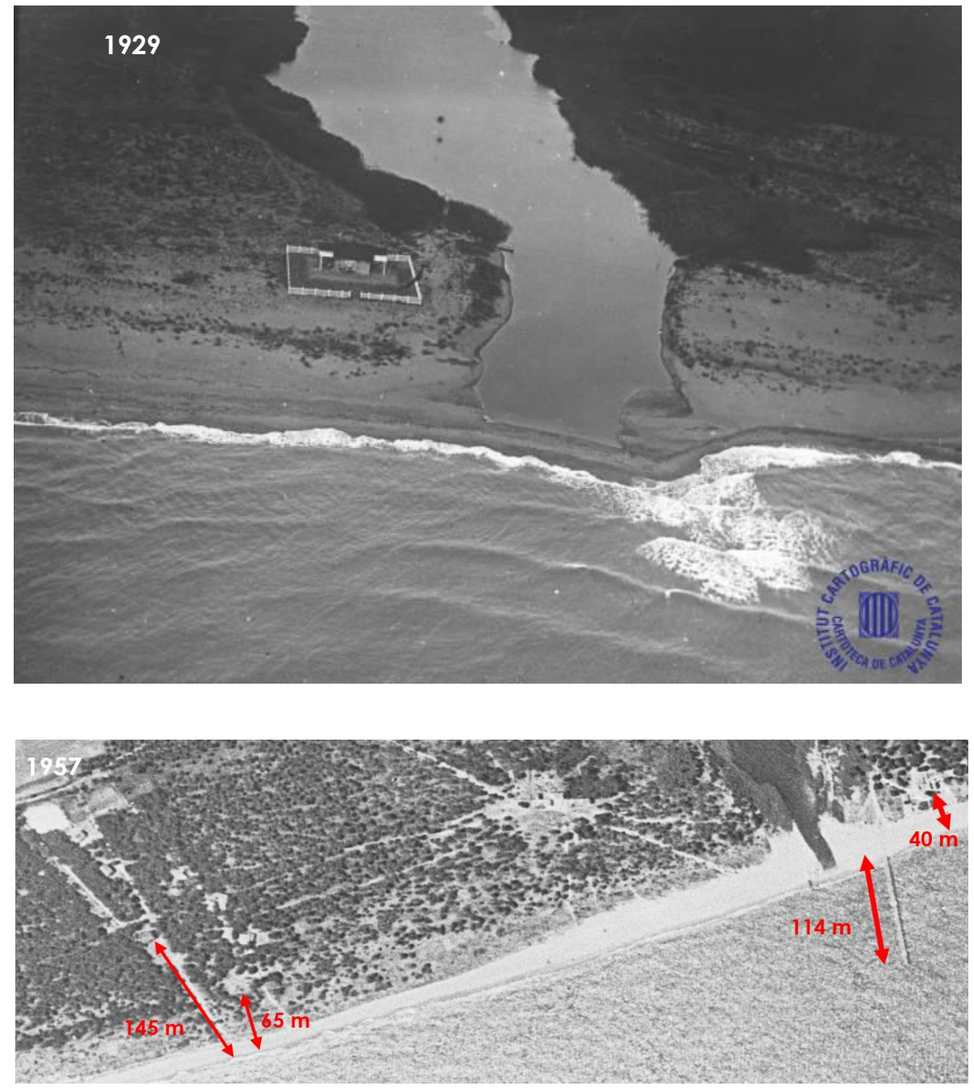


Figura 8. Morfologia de la zona de projecte abans de la majoria de les actuacions antròpiques: Desembocadura del Remolar l'any 1929 (a dalt) i l'any 1957 (a baix). Font: Marciglob a partir de material gràfic de l'ICGC

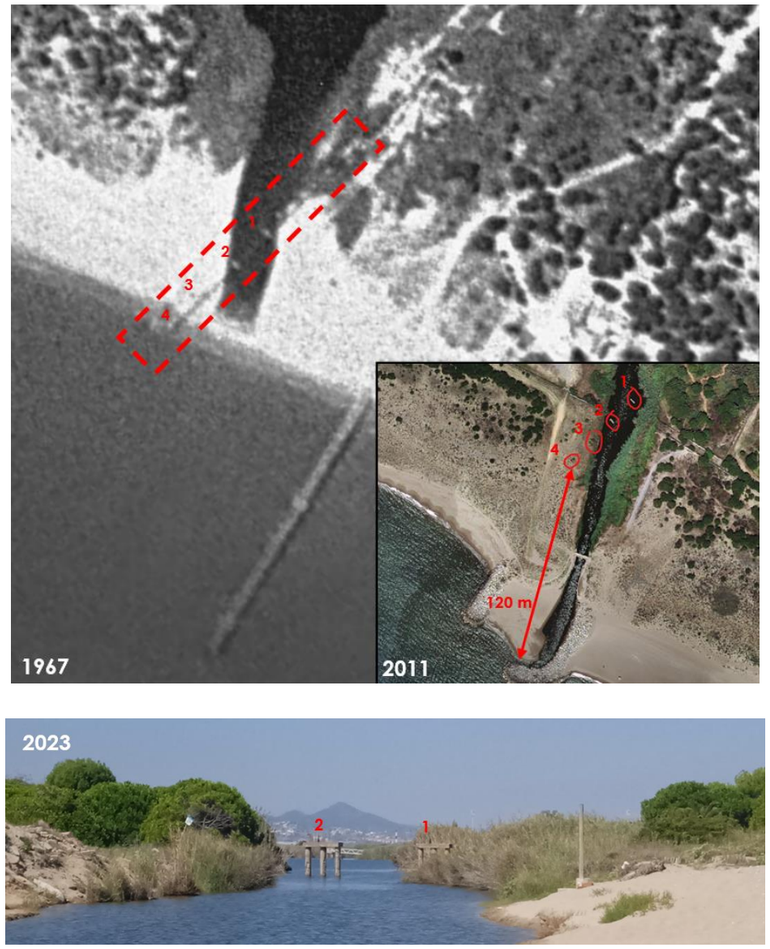


Figura 9. Desembocadura del Remolar els anys 1967 (amb escullera a la desembocadura), 2011 i 2023. L'amplada de platja ha crescut considerablement (veure Annex 3). Font: Marciglob a partir de material gràfic de l'ICGC (a dalt) y Marciglob (a baix).

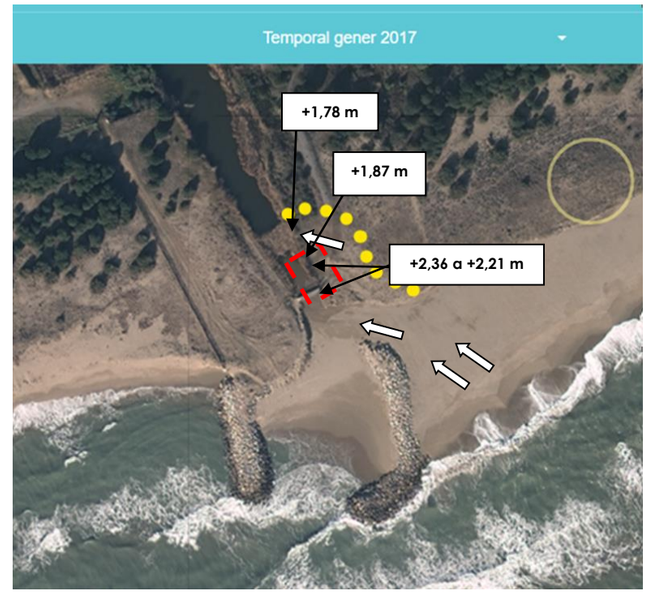


Figura 10. Límit del "run up" assolit durant el temporal de gener de 2017 (en groc) amb H_s =5,21 m, direcció 104º N a la boia de Barcelona II (associat a un període de retorn d'uns 17 anys), i acumulacions produïdes durant l'episodi de temporal. Font: Marciglob i ICGC.

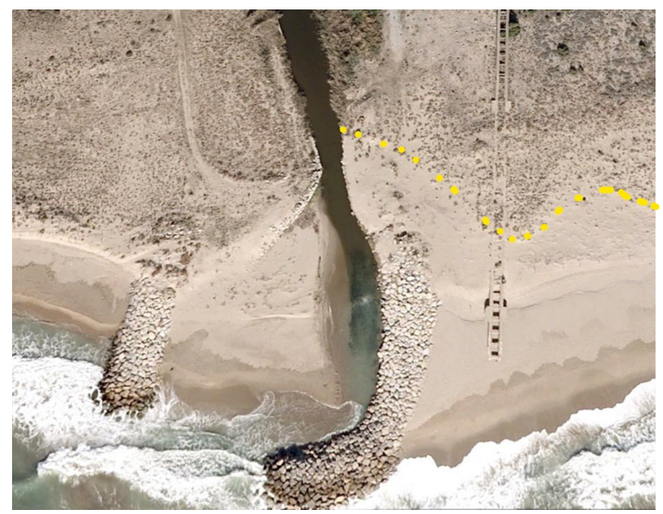


Figura 11. Límit del "run up" assolit durant el temporal del 21 d'octubre de 2007 (en groc), H_s = 2,93 m i Direcció 63N (boia de Barcelona II). Font: Marciglob i ICGC.

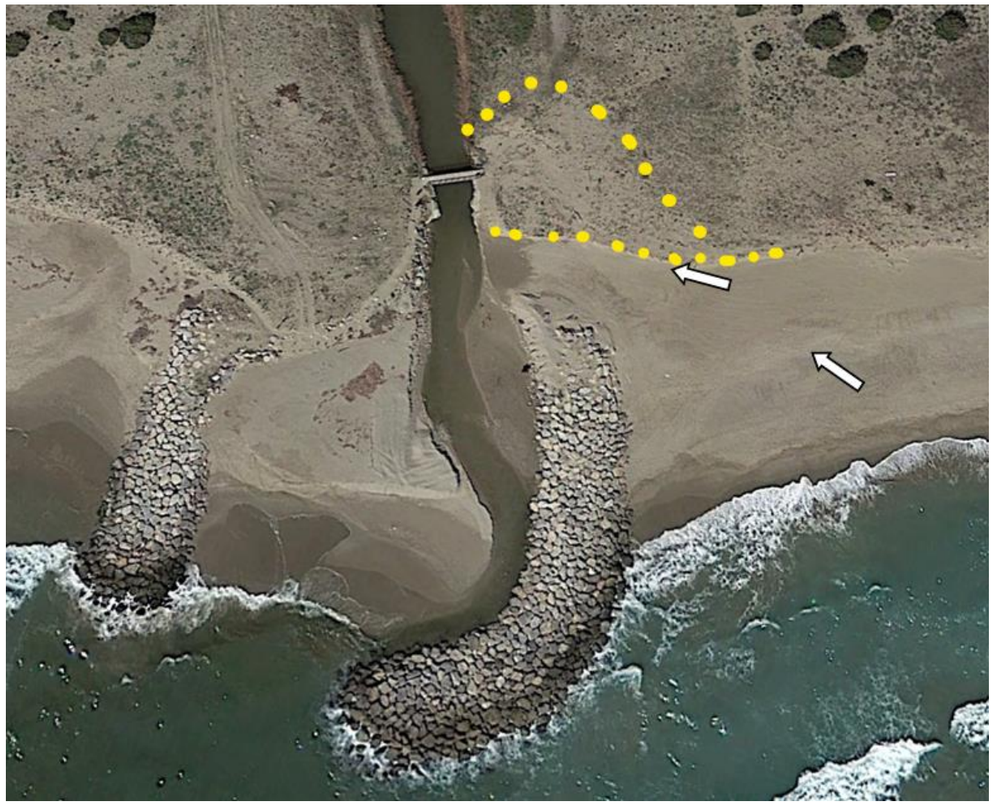


Figura 12. En groc, límit del "run up" ala zona vegetada (a dalt) i a la berma sorrenca (a baix) assolit durant el temporal del 21/3/ 2015, H_s = 3, m i Direcció 103º N (boia de Barcelona II). Font: Marciglob i ICGC.

3.1.2 Traçats proposats

Els dos traçats proposats consisteixen en:

- **Traçat 1:** minimitza la longitud de la barrera. Tot i que aquest traçat suposaria un nou obstacle sobre la berma de la platja entre l'espigó existent i la duna, a ambdós costats de la nova construcció la cota actual és similar (+1,60 m a +1,80 m ZA), i per tant amb un diferencial de cota relativament petit (uns 0,80 m) respecte a la cota de coronació de la protecció (entre la +2,40 m y la +2,60 m ZA depenent de la tipologia de la secció).
  El seu principal inconvenient es que aquest traçat introdueix un obstacle disruptor de la dinàmica transversal del perfil de platja (per totes les tipologies de seccions).
- **Traçat 2:** té major longitud i consisteix en una continuació de l'alineació de l'espigó existent. Aquest traçat suposaria una barrera per aquells transeünts que vulguin travessar el canal de sortida en direcció a la Platja del Remolar (i en sentit contrari) amb un important diferencial de cotes (de 2 a 2,5 metres) entre el canal de sortida/platja situada entre els espigons (+0,00 a +0,50 m ZA) i la coronació de la protecció (entre la +2,40 m y la +2,60 m ZA depenent de la tipologia de secció).
  A diferència de l'anterior ("traçat 1") aquest traçat ("traçat 2") no introdueix un obstacle disruptor de la dinàmica transversal del perfil de platja, tot i que la seva construcció tindria més afecció sobre el canal de sortida del Remolar.

A tots dos traçats es podria deixar una o més obertures per a facilitar l'accés dels transeünts. L'esquema conceptual dels dos traçats proposats es mostra a la Figura 13, mentre que a l'Apèndix 1 es mostren els plànols corresponents.

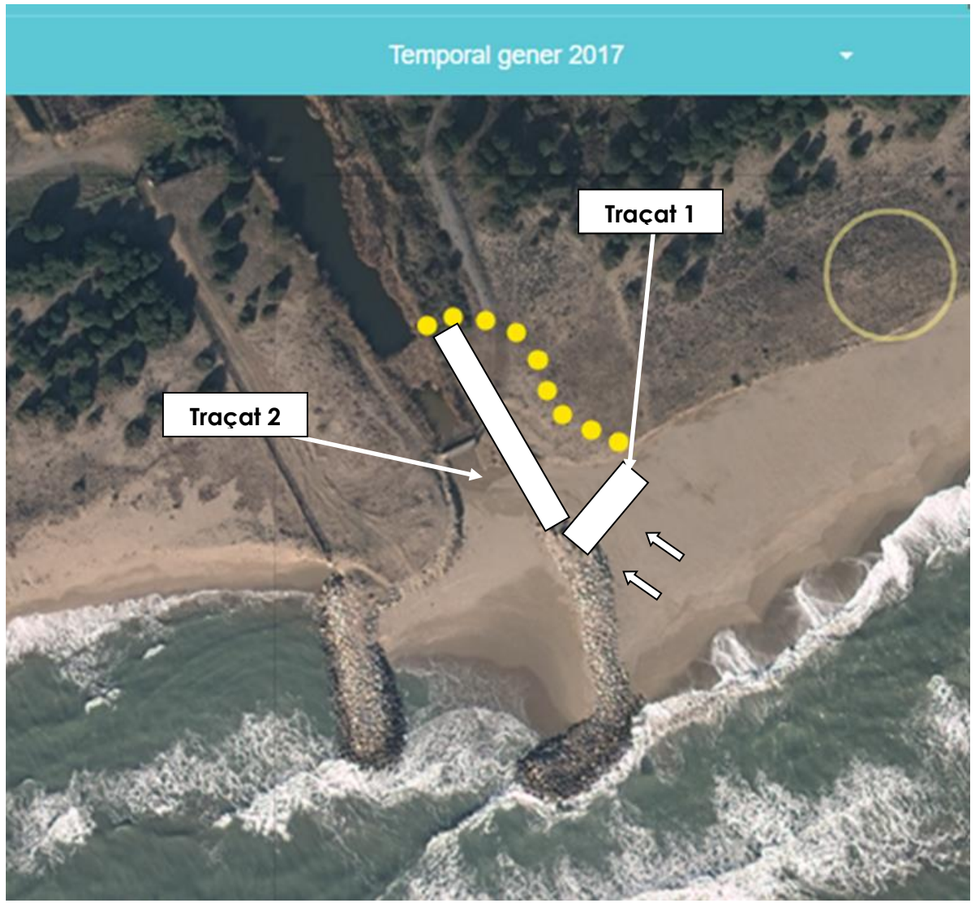


Figura 13. Esquema conceptual dels dos traçats proposats. Font: Marciglob

3.2 Seccions tipus. Alternatives proposades

Es plantegen les següents tipologies de seccions per a la implementació de la barrera:

- Geo-tubs.
- Escullera.
- Pantalla de palplanxes.
- Pantalla de fustes

La cota proposada es la considera suficient per a limitar la penetració de sorra, sense que sigui el seu objectiu la interrupció completa del flux d'aigua associada al "run up".

Les plantes i seccions tipus de cada solució es mostren als plànols de l'Apèndix 1.

3.2.1 GEO-TUBS

Els geo-tubs són contenidors tèxtils de forma tubular, de diferents longituds i diàmetres, fabricats a mida amb materials geo-sintètics d'alta resistència, dissenyats especialment per a suportar les condicions extremes del medi ambient i que es poden emplenar amb sorra. Per a assolir els objectius del projecte els geo-tubs es podrien implementar amb tres aproximacions diferents (veure següents figures):

- Col·locació directa en una rasa amb el geo-tub a la vista (Figura 14).
- Col·locació de geo-tub cobert per sorres i capa vegetal, com a nucli d'una duna (Figura 15).
- Col·locació de geo-tub cobert per roques amb un pes adient (Figura 16).

Figura 14. Exemples d'una protecció de geo-tubs sense cap mena de cobertura.

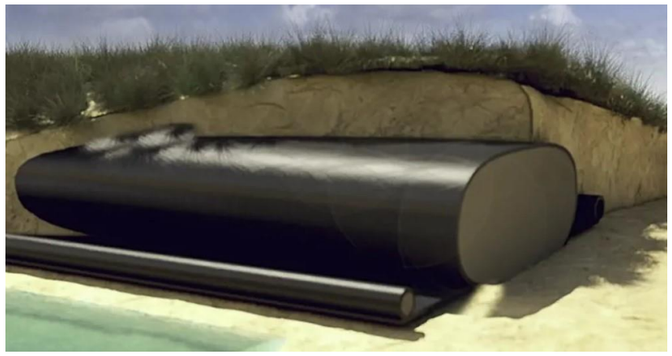


Figura 15. Esquema conceptual d'una protecció mitjançant geo-tubs recoberts amb sorra i una capa vegetal.

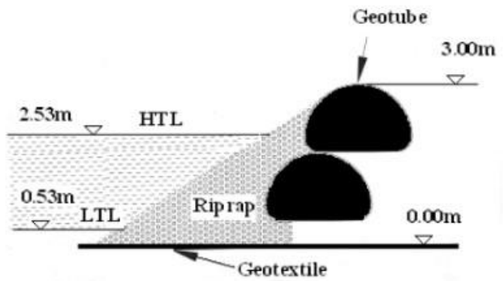
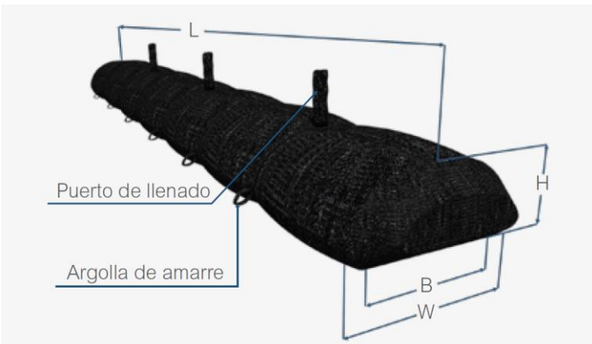


Figura 16. Esquema conceptual d'una protecció mitjançant geo-tubs recoberts amb pedraplè ("rip-rap") i/o escullera.

L'ús de geo-tubs presenta els següents avantatges i inconvenients:

- Avantatges
  - Poden omplir-se amb sorres, el que suposa un avantatge en localitzacions sense escullera disponible (en disponibilitat o cost). Aquest aspecte no suposa un avantatge a la zona d'estudi perquè a les seves rodalies (massís del Garraf) s'hi troben diverses pedreres properes.
- Inconvenients
  - En el cas d'instal·lar-se tubs sense cobrir o en cas de quedar descoberts per l'efecte de l'onatge, els geo-tubs queden poc integrats en el paisatge de la zona d'actuació.
  - Aquesta tipologia constitueix l'opció que ocupa més superfície de les tres que es consideren.
  - Requereix una gran superfície i volum d'excavació.



DIMENSIONES				
H	CONDICIÓN LLENADO	W (m)	B (m)	Vol.(m³/ml)
0.80	No sumergida	1.95	1.48	1.30
1.00	No sumergida	1.90	1.20	1.50
1.25	No sumergida	3.07	2.33	3.30
1.40	No sumergida	3.8	3.11	4.70
1.60	No sumergida	3.70	2.85	5.0
1.80	No sumergida	4.70	3.70	7.10
2.00	Sumergida	5.0	4.80	8.4

Figura 17. Esquema conceptual i dimensions d'un geo-tub.

3.2.2 ESCULLERA COMBINADA AMB LÀMINA GEOTÈXTIL

Aquesta alternativa consisteix en la construcció d'una protecció d'escullera combinada amb geotèxtil que presenta els següents avantatges i inconvenients:

- Avantatges
  - Es tracta de material natural i disponible localment.
  - El material ja està present a estructures de la zona, com els espigons de canalització ja existents i els usuaris estan familiaritzats amb la seva presència.
- Inconvenients
  - Suposen la implantació d'un element moderadament antròpic.
  - Requereixen excavació i d'una superfície ocupada de dimensions considerables.

3.2.3 PALPLANXES

Les palplanxes són pilons clavats que formen una estructura de contenció flexible de tipus pantalla que forma una gairebé paret hermètica destinada a la protecció de molls, murs de contenció en general o per a executar apuntalaments. No obstant això, no estan limitades a aquestes aplicacions i, ateses les seves característiques, són utilitzades també per a evitar inundacions.

En escenaris com el que és objecte d'aquest projecte una paret de palplanxes pot servir per a evitar el pas del "run up" i la sorra que aquest arrossega i que rebleix la sortida de l' Estany del Remolar.

L'ús de les palplanxes presenta els següents avantatges i inconvenients:

- Avantatges
  - Constitueixen el tipus de barrera amb una ocupació de superfície més petita de les tres que es plantegen.
  - No requereix excavació.
  - Poden recobrir-se amb sorra i capa vegetal, si bé això suposaria la pèrdua de l'avantatge de l'ocupació reduïda de superfície.
- Inconvenients
  - Suposen la implantació d'un element altament antròpic (veure Figura 18).
  - Esdevenen una barrera completa entre les seves cotes de coronació i de cimentació.
  - A l'entorn marí requereixen manteniment i acers especials (ASTM A690 o l'acer AMLOCOR d'Arcerlor Mittal).
  - Necessiten de maquinaria pesant i un accés sobre el canal de sortida per a la seva implantació a la desembocadura del Remolar. Les palplanxes metàl·liques generalment s'instal·len per percussió el que pot ser altament disruptiu a les rodalies de la zona protegida a la que s'ubica el projecte.

Figura 18. Exemples de la utilització de palplanxes en la protecció contra inundacions.

3.2.4 PANTALLA DE PILONS I PLAQUES DE FUSTA

Les palplanxes són pilons clavats que formen una estructura de contenció flexible de tipus pantalla que forma una gairebé paret hermètica destinada a la protecció de molls, murs de contenció en general o per a executar entibacions. No obstant això, no estan limitades a aquestes aplicacions i, ateses les seves característiques, són utilitzades també per a evitar inundacions.

En escenaris com el que és objecte d'aquest projecte una paret de palplanxes pot servir per a evitar el pas del "run up" i la sorra que aquest arrossega i que colmata la sortida de l' Estany del Remolar.

L'ús de les palplanxes presenta els següents avantatges i inconvenients:

- Avantatges

- Constitueixen el tipus de barrera amb una ocupació de superfície més petita de les tres primers que es plantegen.
- No requereix excavació.
- Són de fusta i per tant un material orgànic i amb mes capacitat d'integració a l'entorn..

- Inconvenients
  - Suposen la implantació d'un element moderadament antròpic (veure Figura 19).
  - Esdevenen una barrera completa entre les seves cotes de coronació i de cimentació.
  - Vida útil més baixa que altres alternatives plantejades.
  - Necessiten de maquinària i un accés sobre el canal de sortida per a la seva implantació a la desembocadura del Remolar. Els pilons s'instal·len per percussió o excavació el que pot ser disruptiu a les rodalies de la zona protegida a la que s'ubica el projecte.

Figura 19. Exemples de la utilització de pantalla de pilons i plaques de fusta.

Un dels inconvenients esmentats a dalt pot ser evitat en funció del tipus de fusta que s'esculli per a la construcció de la pantalla. En particular s'han considerat 3:

- Pi
- Iroko
- Bolondo

de les quals, el pi és la que té una vida útil inferior,

3.2.5 Consideracions sobre la vida útil de l'estructura

Per tal de definir quina ha de ser la vida útil de l'estructura a projectar, s'ha fet cas de les indicacions de les ROM 1.0-09 "Recomendaciones del diseño y ejecución de las Obras de Abrigo (Parte 1ª. Bases y Factores para el proyecto. Agentes climáticos)".

De la taula mostrada a la Figura 20 es conclou que la vida útil mínima a considerar seria V = 15 anys.

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA			ÍNDICE IRE [7]		VIDA ÚTIL MÍNIMA (V_m) [7] (años)
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Puertos abiertos a todo tipo de tráficos	r_3	Alto	50
		Puertos para tráficos especializados	$r_2(r_3)$ [1]	Medio (alto) [1]	25 (50) [1]
	PUERTO PESQUERO		r_2	Medio	25
	PUERTO NÁUTICO-DEPORTIVO		r_2	Medio	25
	INDUSTRIAL		$r_2(r_3)$ [1]	Medio (alto) [1]	25 (50) [1]
	MILITAR		$r_2(r_3)$ [2]	Medio (alto) [2]	25 (50) [2]
	PROTECCIÓN DE RELLENOS O DE MÁRGENES		r_2 (r_3) [3]	Medio (alto) [3]	25 (50) [3]
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES [4]		r_3	Alto	50
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO		$r_2(r_3)$ [5]	Medio (alto) [5]	25 (50) [5]
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES		$r_1(r_3)$ [6]	Bajo (alto) [5]	15 (50) [7]
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS		r_1	Bajo	15

[5] El índice IRE se elevará a r_3 cuando la toma de agua o el punto de vertido esté asociado con el abastecimiento de agua para uso urbano o con la producción energética.
[6] El índice IRE se elevará a r_2 cuando en su zona de afección se localicen edificaciones o instalaciones industriales.
[7] Los índices inferiores a r_3 de la tabla se elevarán un grado por cada 30 M€ de coste de inversión inicial de la obra de abrigo.

Figura 20. Vida útil mínima de diferents obres marítimes. Font: PPEE

3.2.6 Anàlisi comparativa de les tipologies de seccions plantejades

S'ha efectuat una comparativa tècnica entre les diferents tipologies de seccions tipus esmentades tenint en compte un total de 10 criteris, la valoració qualitativa dels quals es mostra a la següent taula.

S'ha fet la comparativa per a 2 escenaris de vida útil. V = 15 a 20 anys (en consonància a les recomanacions ROM) i V = 30 a 40 anys.

En el cas de la pantalla de fusta, tal com s'ha dit, s'han tingut en compte 3 tipus: a) pi, b) iroko i c) bolondo.

	ALTA	MITJA	BAIXA
Disponibilitat de materials	3	1,5	0

	BAIX	MIG	ALT
Impacte durant la construcción: maquinaria necesaria	3	1,5	0
Impacte durant la construcció: Accessos a l'obra			
Empremta durant la construcció (excavacions)			
Termini			
Empremta de l´estructura finalitzada (fase de d´operació)			
Impacte visual i integració			
Introducció d'elements antròpics			

	BAIX	MIG/BAIX	MIG	ALT	MOLT/ALT
Cost	3	2,25	1,5	0,75	0

	ALTA (~50 a)	MITJA (> 25 a)	MITJA/BAIXA (> 15 a)	BAIXA (<15 a)
Durabilitat	3	2	1	0

Figura 21. Criteris emprats a l'anàlisi comparativa. Font: Marciglob

A la Figura 23 i Figura 24 es sintetitza l'anàlisi realitzada. La diferència entre ambdues radica en la solució 4 amb fusta de pi ja que en ser la únic que clarament no pot assolir la vida útil de 30 a 40 anys, s'ha considerat que s'haurà de reconstruir totalment.

De l'anàlisi es conclou que les alternatives més avantatjoses són les de pantalla i especialment les de fusta: en el cas de l'escenari de via útil de 15 a 20 anys la solució òptima resulta ser la pantalla de fusta de pi, mentre que en el cas de l'escenari de via útil de 30 a 40 anys la solució òptima resulta ser la pantalla de fusta d'iroko.

Les puntuacions finalment obtingudes són les següents:

- Escenari 1: Vida útil de 15 a 20 anys
  - **Pilons i pantalles de fusta (pi): 20,5 punts.**
  - Pilons i pantalles de fusta (Iroko): 19,25 punts.
  - Pantalla de palplanxes metàl·liques: 18,75 punts.
  - Escullera: 17,25 punts.
  - Pilons i pantalles de fusta (bolondo): 17 punts.
  - Geo-tubs: 12,5 punts.
- Escenari 2: Vida útil de 30 a 40 anys
  - **Pilons i pantalles de fusta (Iroko): 19,25 punts.**
  - Pantalla de palplanxes metàl·liques: 18,75 punts.
  - Pilons i pantalles de fusta (pi): 18,25 punts.
  - Escullera: 18 punts.
  - Pilons i pantalles de fusta (bolondo): 17 punts.
  - Geo-tubs: 12,5 punts.

De manera conjunta amb el client, es decideix optar per la **solució de pantalla de fusta d'iroko.**

4. ALTRES ACTUACIONS: PERLLONGAMENT DE L'ESPIGÓ (CAP A TERRA)

Pel que fa a l'espigó existent, durant determinats episodis de temporal la línia de costa retrocedeix més enllà el punt d'inici de l'espigó, el que suposa un risc per aquesta estructura, és a dir, el punt d'inici de l'espigó es troba dins del rang del canvi/moviment transversal estacional del perfil platja. No es recomanable implementar una pantalla de fusta dins de l'esmentat rang de canvi/moviment transversal del perfil de platja pels següents motius principals:

- Risc d'impacte directe de l'onatge en moments de retrocés de la platja durant determinats episodis de temporal.
- Necessitat d'una cimentació dels pilons molt més profunda.

Per tant, és recomanable que l'inici de l'espigó s'ubiqui fora del rang del canvi estacional del perfil transversal, per exemple el punt indicat amb un cercle taronja a la Figura 22. Per tant, l'espigó es perllongarà cap a terra uns 10-15 metres (tram acotat en negre i representat en taronja a la mateixa figura), i des de el seu nou perllongament s'implantarà la pantalla de fusta.

Figura 22. Actuació a l'espigó existent (taronja), a executar amb escullera. Font: Marciglob

		TIPOLOGIA 1	TIPOLOGIA 2	TIPOLOGIA 3	TIPOLOGIA 4		
		ESCULLERA	GEOTUBS	PANTALLA DE PALPLANXES	PANTALLA DE FUSTA		
					PI	IROKO	BOLONDO
Consideracions constructives	Disponibilitat de materials	Alta	Alta	Alta	Alta		Mitja
	Impacte durant la construcción: maquinaria necesaria	**Baix:** Retro-excavadora i camions	**Baix:** Retro-excavadora, camions	**Mig:** requereixequip molt pessant i la instal.lació generarà vibracions	**Baix:** Equip de clava de pilones de fusta, camions, miniexcavadora		
	Impacte durant la construcció: Accessos a l'obra	**Mig:** No és imprescindible la construcció d'un accès sobre el canal. Cas de construir-se la retro-excavadora haurà de circular sobre el canal i l´escollera volcar-se inicialment sobre l´aigua	**Alt:** Es necessària la construcció d´un camí d´acès provisional	**Alt:** Es necessària la construcció d´un camí d´acès provisional. L a instal.lació de palplanxes generarà vibracions	**Alt:** Es necessària la construcció d´un camí d´acès provisional. L a instal.lació de pilones generarà vibracions menors		
	Empremta durant la construcció (excavacions)	**Alta**: Les obres tenen una empremta considerable a causa del volum i superfície de l´excavació necessària	**Alta:** Les obres tenen una empremta considerable a causa del volum i superfície de l´excavació necessària	**Baixa**: Empremta mínima	**Mitja**: Empremta menor deguda a l'excavació per a colocar les plaques per sota del terreny actual		
Cost de construcció, termini i durabilitat. Període temporal d'anàlisi: 15 anys	Cost	Mig/Baix: 57.000 € + IVA	Mig: 76.000 € + IVA	Alt: 91.000 € + IVA	Baix: 45.000 € + IVA	Alt: 95.000 € + IVA	Molt alt > 200.000 € + IVA
	Termini	Mig: 4 setmanes	Alt: 5 setmanes	Baix: 3 setmanes (no inclou fabricació de palplanxes)	Mig: 4 setmanes (no inclou fabricació de pilones i plaques)		
	Durabilitat	**Alta (> 25 ó 50 anys)**: durabilitat alta associada a la vida útil de l'obra que es decideixi a projecte i amb la que es realitzi el dimensionament, si bé les condicions climàtiques exceptionals per sobre de les de disseny, poden provocar-li danys que requeririen manteniment/reconstrucció	**Mitja (25 anys)**: durabilitat limitada a la del material. Com no pot garantir-se la integritat de la duna pot quedar exposat al vandalisme potencial	**Alta (> 50 anys)**: amb el manteniment adient (ànode/s de sacrifici) és l'estructura amb més durabilitat (>50 anys), si bé l'absència d'aquest manteniment redueix la seva vida útil	**Mitja/Baixa (15-20 anys)**: per a classes d'ús 4 ó 5, com és el cas	**Mitja (>30 anys):** durabilitat limitada a la del material (fongs, insectes, humitat,,,)	
Empremta de l´estructura finalitzada (fase de d´operació)		**Alta:** gran ocupació de superfície per l´estructura d´escollera	**Alta:** gran ocupació de superfície pel geotub.	**Baixa**: Empremta mínima	**Baixa**: Empremta mínima		
Altres consideracions	Impacte visual i integració	**Alt:** l´escollera serà molt vissible	**Mig:** El geotextil es pot cobrir amb una duna si bé no es pot garantir la seva integritat amb el aps del temps per l'acció de l'onatge	**Alt:** la palplanxa te impacte visual però es pot pintar i cobrir amb una tamca de canyes	**Mig:** la pantalla de fusta te impacte visual si bé és un material més "natural"		
	Introducció d'elements antròpics	**Baix:** s'aporta escollera que és un element "natural" i existeixen estructures d´escollera a la zona	**Mig:** El geotextil és un producte poc "natural"	**Mig:** l'acer és un producte poc "natural"	**Baix:** la fusta és un producte "natural"		
	Puntuació:	**17,25**	**12,5**	**18,75**	**20,5**	**19,25**	**17**

Figura 23. Anàlisi comparativa de les diferents tipologies de seccions per a un escenari de vida útil V = 15 a 20 anys. Font: Marciglob

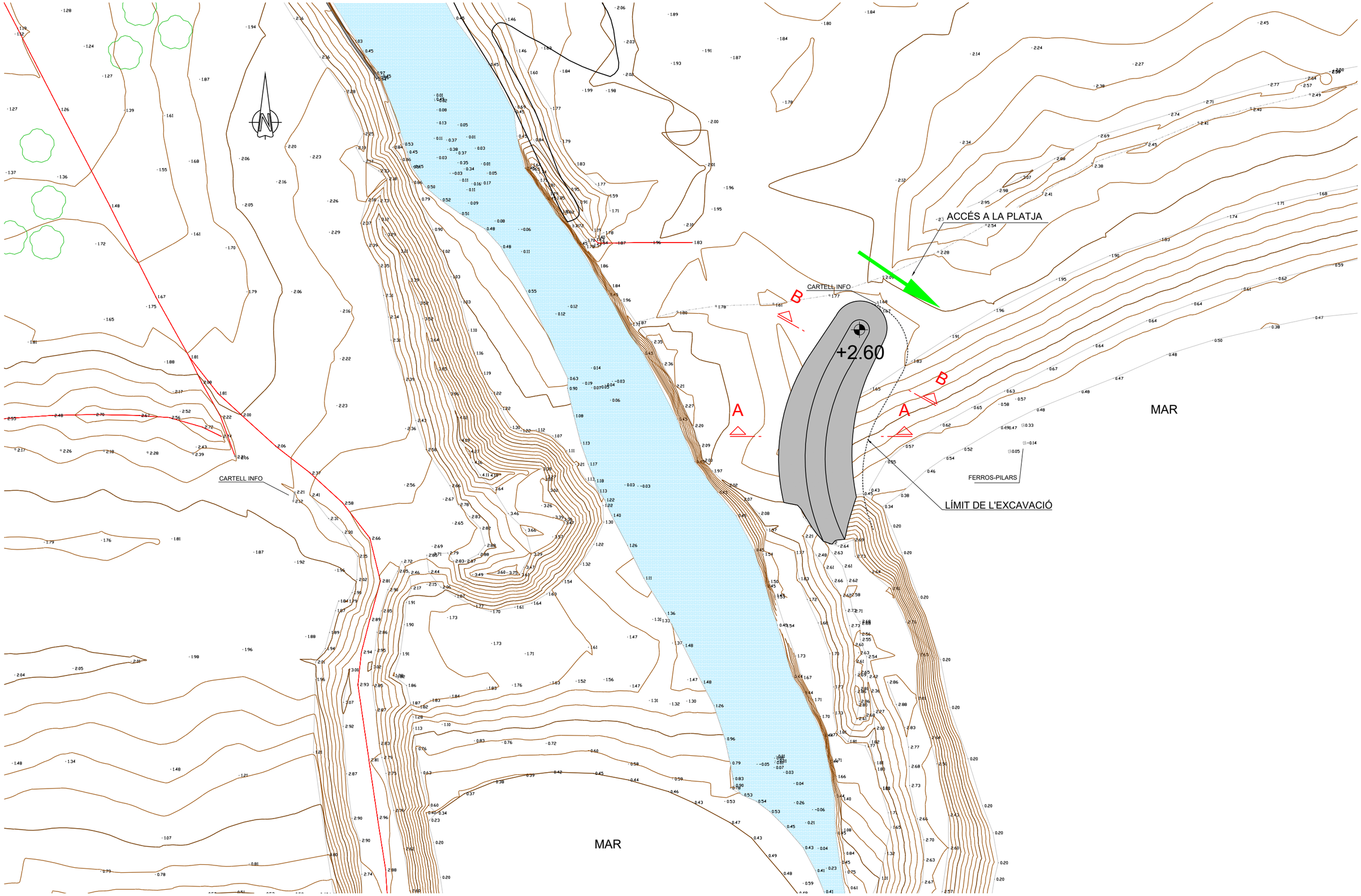
		TIPOLOGIA 1	TIPOLOGIA 2	TIPOLOGIA 3	TIPOLOGIA 4		
		ESCULLERA	GEOTUBS	PANTALLA DE PALPLANXES	PANTALLA DE FUSTA		
					PI	IROKO	BOLONDO
Consideracions constructives	Disponibilitat de materials	Alta	Alta	Alta	Alta		Mitja
	Impacte durant la construcción: maquinaria necesaria	**Baix:** Retro-excavadora i camions	**Baix:** Retro-excavadora, camions	**Mig:** requereixequip molt pessant i la instal.lació generarà vibracions	**Baix:** Equip de clava de pilones de fusta, camions, miniexcavadora		
	Impacte durant la construcció: Accessos a l'obra	**Mig:** No és imprescindible la construcció d'un accès sobre el canal. Cas de construir-se la retro-excavadora haurà de circular sobre el canal i l´escollera volcar-se inicialment sobre l´aigua	**Alt:** Es necessària la construcció d´un camí d´acès provisional	**Alt:** Es necessària la construcció d´un camí d´acès provisional. L a instal.lació de palplanxes generarà vibracions	**Alt:** Es necessària la construcció d´un camí d´acès provisional. L a instal.lació de pilones generarà vibracions menors		
	Empremta durant la construcció (excavacions)	**Alta**: Les obres tenen una empremta considerable a causa del volum i superfície de l´excavació necessària	**Alta:** Les obres tenen una empremta considerable a causa del volum i superfície de l´excavació necessària	**Baixa**: Empremta mínima	**Mitja**: Empremta menor deguda a l'excavació per a colocar les plaques per sota del terreny actual		
Cost de construcció, termini i durabilitat. Període temporal d'anàlisi: 30 anys	Cost	Baix: 57.000 € + IVA	Mig: 76.000 € + IVA	Alt: 95.000 € + IVA	Alt: 45.000 x 2 € + IVA (Es considera que en el termini analitizat l'obra s'haurà de reconstruir)	Alt: 95.000 € + IVA	Molt alt > 200.000 € + IVA
	Termini	Mig: 4 setmanes	Alt: 5 setmanes	Baix: 3 setmanes (no inclou fabricació de palplanxes)	Mig: 4 setmanes (no indou fabricació de pilones i plaques)		
	Durabilitat	**Alta (> 25 ó 50 anys)**: durabilitat alta associada a la vida útil de l'obra que es decideixi a projecte i amb la que es realitzi el dimensionament, si bé les condicions climàtiques exceptionals per sobre de les de disseny, poden provocar-li danys que requeririen manteniment/reconstrucció	**Mitja (25 anys)**: durabilitat limitada a la del material. Com no pot garantir-se la integritat de la duna pot quedar exposat al vandalisme potencial	**Alta (> 50 anys)**: amb el manteniment adient (ànode/s de sacrifici) és l'estructura amb més durabilitat (>50 anys), si bé l'absència d'aquest manteniment redueix la seva vida útil	**Mitja/Baixa (15-20 anys)**: per a classes d'ús 4 ó 5, com és el cas	**Mitja (>30 anys):** durabilitat limitada a la del material (fongs, insectes, humitat,,,)	
Empremta de l´estructura finalitzada (fase de d´operació)		**Alta:** gran ocupació de superfície per l´estructura d´escollera	**Alta:** gran ocupació de superfície pel geotub.	**Baixa**: Empremta mínima	**Baixa**: Empremta mínima		
Altres consideracions	Impacte visual i integració	**Alt:** l´escollera serà molt vissible	**Mig:** El geotextil es pot cobrir amb una duna si bé no es pot garantir la seva integritat amb el aps del temps per l'acció de l'onatge	**Alt:** la palplanxa te impacte visual però es pot pintar i cobrir amb una tamca de canyes	**Mig:** la pantalla de fusta te impacte visual si bé és un material més "natural"		
	Introducció d'elements antròpics	**Baix:** s'aporta escollera que és un element "natural" i existeixen estructures d´escollera a la zona	**Mig:** El geotextil és un producte poc "natural"	**Mig:** l'acer és un producte poc "natural"	**Baix:** la fusta és un producte "natural"		
	Puntuació:	**18**	**12,5**	**18,75**	**18,25**	**19,25**	**17**

Figura 24. Anàlisi comparativa de les diferents tipologies de seccions per a un escenari de vida útil V = 30 a 40 anys. Font: Marciglob

APÈNDIX 1. PLÀNOLS DE L'ESTUDI D'ALTERNATIVES

ÍNDEX DE PLÀNOLS

1. Traçat 1. Secció tipus d´escollera.
2. Traçat 1. Secció tipus de geotubs.
3. Traçat 1. Secció tipus de palplanxes.
4. Traçat 2. Secció tipus d´escollera.
5. Traçat 2. Secció tipus de geotubs.
6. Traçat 2. Secció tipus de palplanxes.

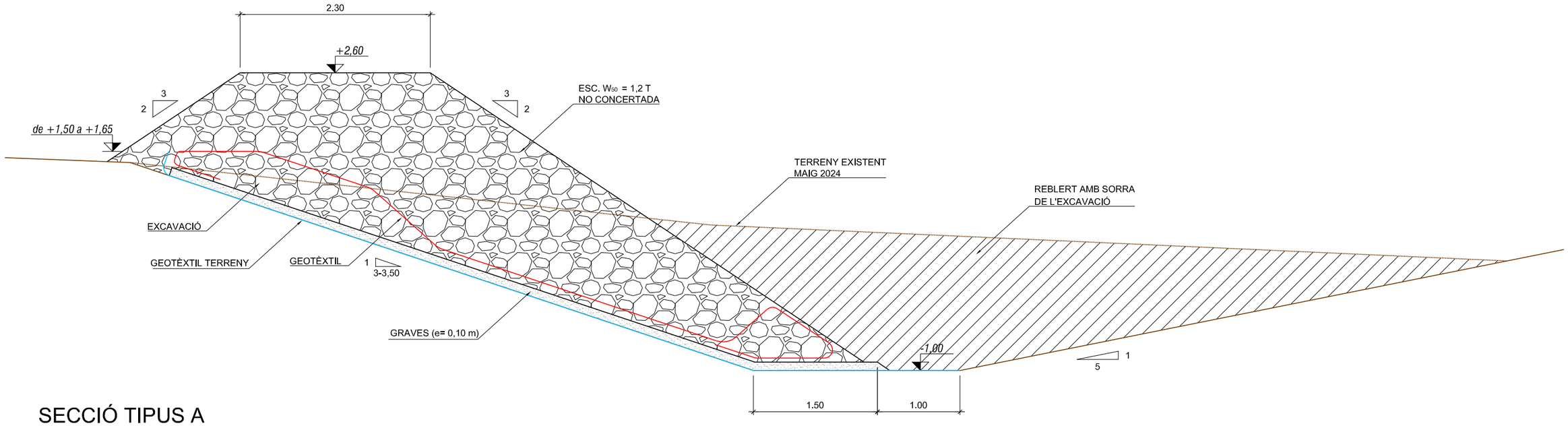


NOTA: COTES EN METRES. NIVELL DE REFERENCIA: Z.A.

AMB	**Serveis del Cicle de l'Aigua** FERNANDO CABELLO	**Autoria** MARCIGLOB F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	**Expedient** 20-2024 PROJECTE BÀSIC	MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Juny 2024	**ESTUDI D'ALTERNATIVES** TRAÇAT 1 SECCIÓ TIPUS D'ESCULLERA

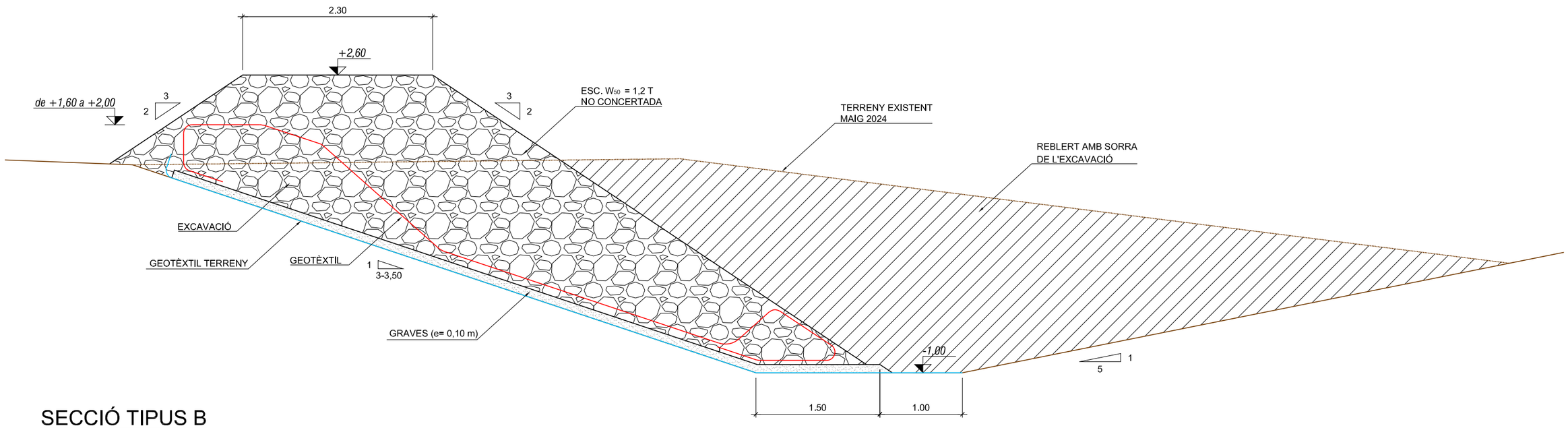
A04.1
V.01 17/06/2024
A3 E: 1/400

1. Traçat 1.Secció tipus d´escollera.dwg



SECCIÓ TIPUS A

ESCALA 1:50



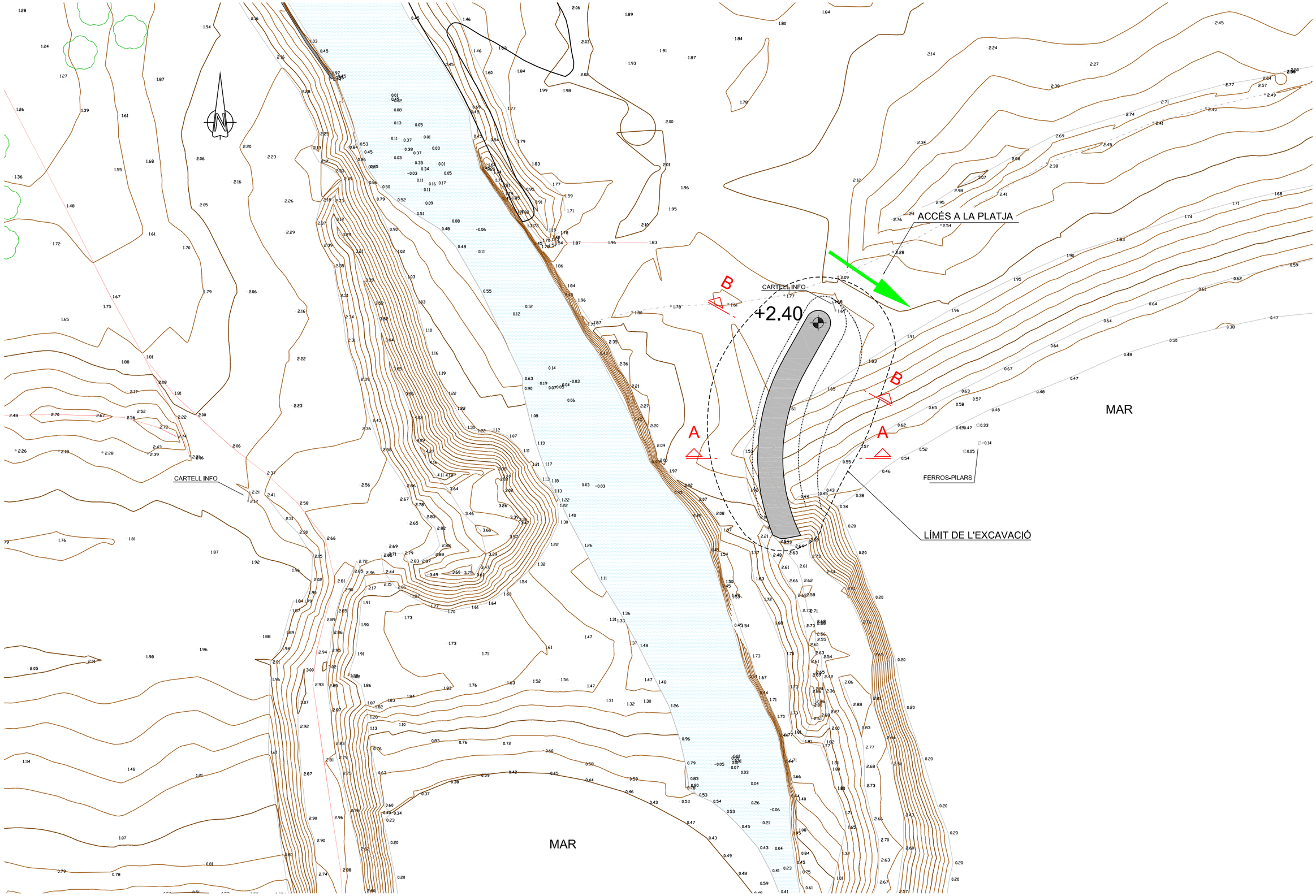
SECCIÓ TIPUS B

ESCALA 1:50

NOTA: COTES EN METRES. NIVELL DE REFERENCIA: Z.A.

AMB	Serveis del Cicle de l'Aigua FERNANDO CABELLO	Autoria MARCIGLOB F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO		Expedient 20-2024 PROJECTE BÀSIC	MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Juny 2024	ESTUDI D'ALTERNATIVES TRAÇAT 1 SECCIÓ TIPUS D'ESCULLERA	A04.1 V.01 17/06/2024 A3 E: 1/50

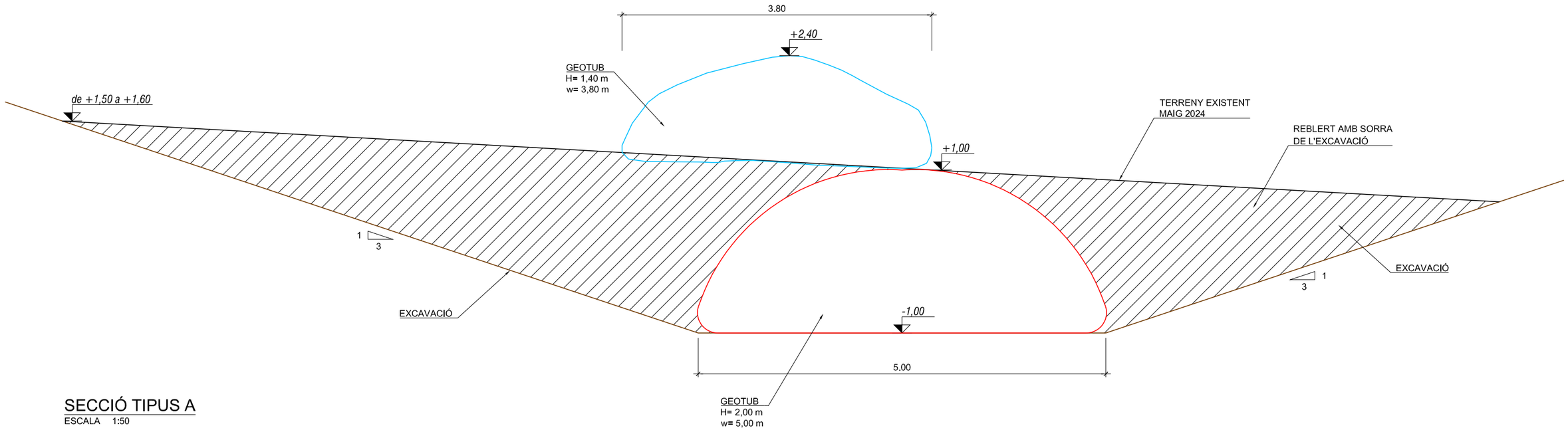
1. Traçat 1.Secció tipus d´escollera.dwg



NOTA: COTES EN METRES. NIVELL DE REFERENCIA: Z.A.

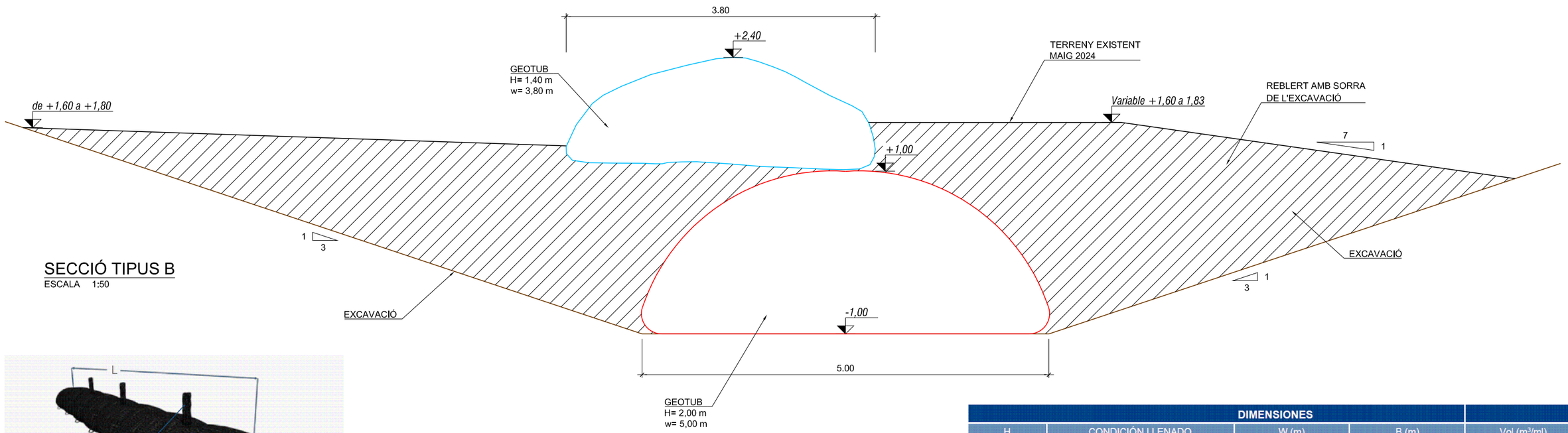
AMB	Serveis del Cicle de l'Aigua FERNANDO CABELLO	Autoria MARCIGLOS F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	Expedient 20-2024 PROJECTE BÀSIC	MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Juny 2024	**ESTUDI D'ALTERNATIVES** TRAÇAT 1 SECCIÓ TIPUS DE GEOTUBS	**A04.1** **V.01** 17/06/2024 A3 E: 1/400

2. Traçat 1.Secció tipus de geotubs.dwg



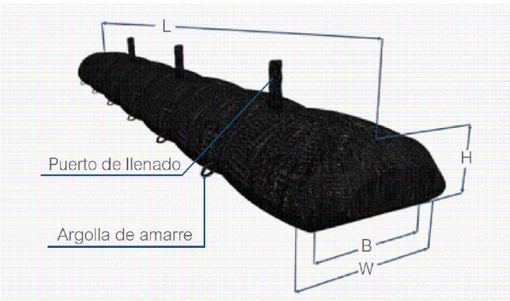
SECCIÓ TIPUS A

ESCALA 1:50



SECCIÓ TIPUS B

ESCALA 1:50

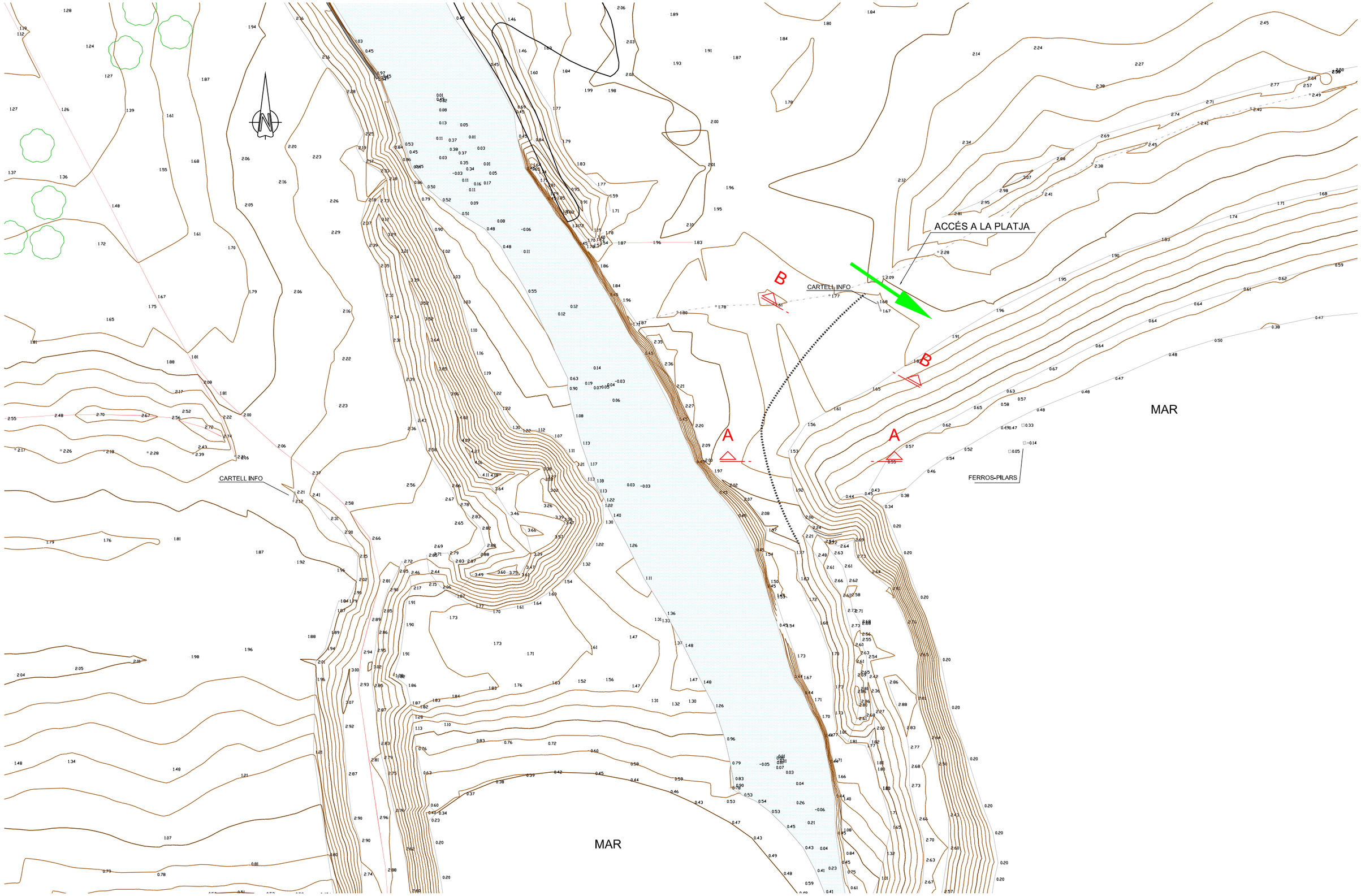


DIMENSIONES				
H	CONDICIÓN LLENADO	W (m)	B (m)	Vol.(m³/ml)
0.80	No sumergida	1.95	1.48	1.30
1.00	No sumergida	1.90	1.20	1.50
1.25	No sumergida	3.07	2.33	3.30
1.40	No sumergida	3.8	3.11	4.70
1.60	No sumergida	3.70	2.85	5.0
1.80	No sumergida	4.70	3.70	7.10
2.00	Sumergida	5.0	4.80	8.4

NOTA: COTES EN METRES. NIVELL DE REFERENCIA: Z.A.

AMB	Serveis del Cicle de l'Aigua FERNANDO CABELLO	Autoria MARCIGLOB F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	Expedient 20-2024 PROJECTE BÀSIC	MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Juny 2024	ESTUDI D'ALTERNATIVES TRAÇAT 1 SECCIÓ TIPUS DE GEOTUBS	A04.1 V.01 17/06/2024 A3 E: 1/50

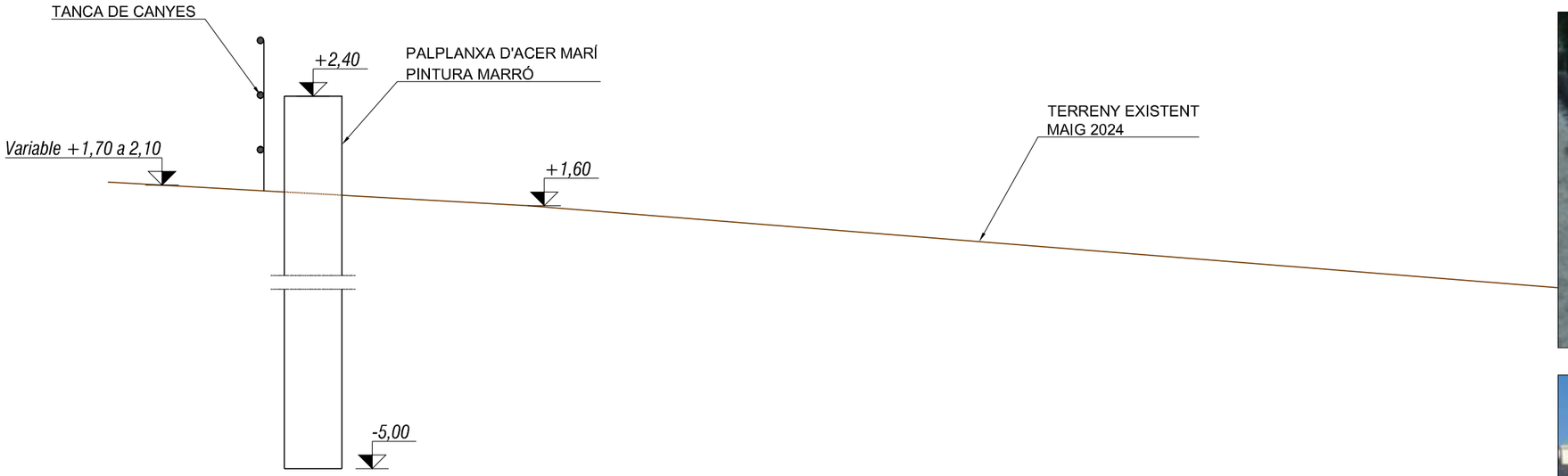
2. Traçat 1.Secció tipus de geotubs.dwg



NOTA: COTES EN METRES. NIVELL DE REFERENCIA: Z.A.

AMB	**Serveis del Cicle de l'Aigua** FERNANDO CABELLO	**Autoria** MARCIGLOB F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	**Expedient** 20-2024 PROJECTE BÀSIC	MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Juny 2024	**ESTUDI D'ALTERNATIVES** TRAÇAT 1 SECCIÓ TIPUS DE PALPLANXES	**A04.3** **V.01** 17/06/2024 A3 E: 1/400

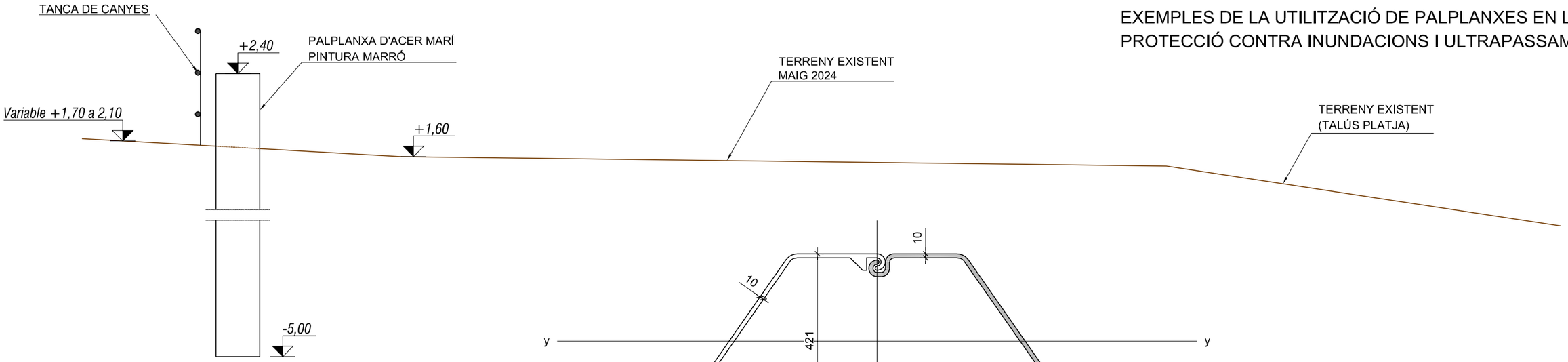
3. Traçat 1.Secció tipus de palplanxes.dwg



SECCIÓ TIPUS A (cotes en metres)

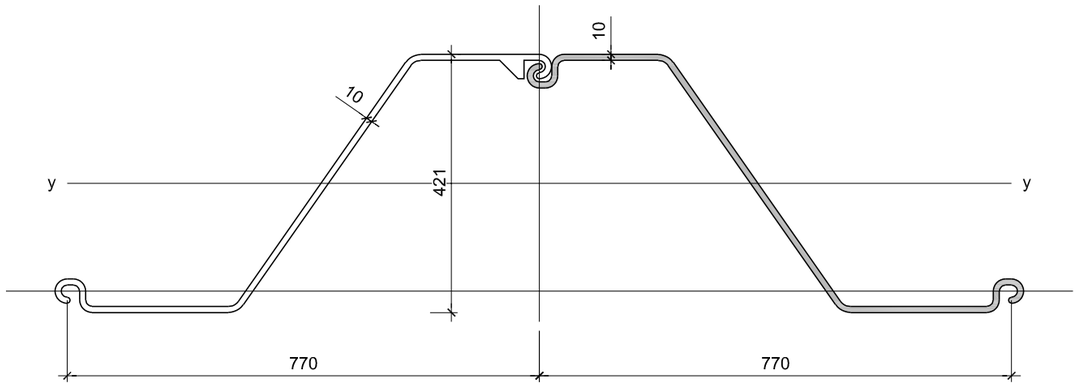
ESCALA 1:40

EXEMPLES DE LA UTILITZACIÓ DE PALPLANXES EN LA PROTECCIÓ CONTRA INUNDACIONS I ULTRAPASSAMENTS.



SECCIÓ TIPUS B (cotes en metres)

ESCALA 1:40



PALPLANXA (cotes en mm)

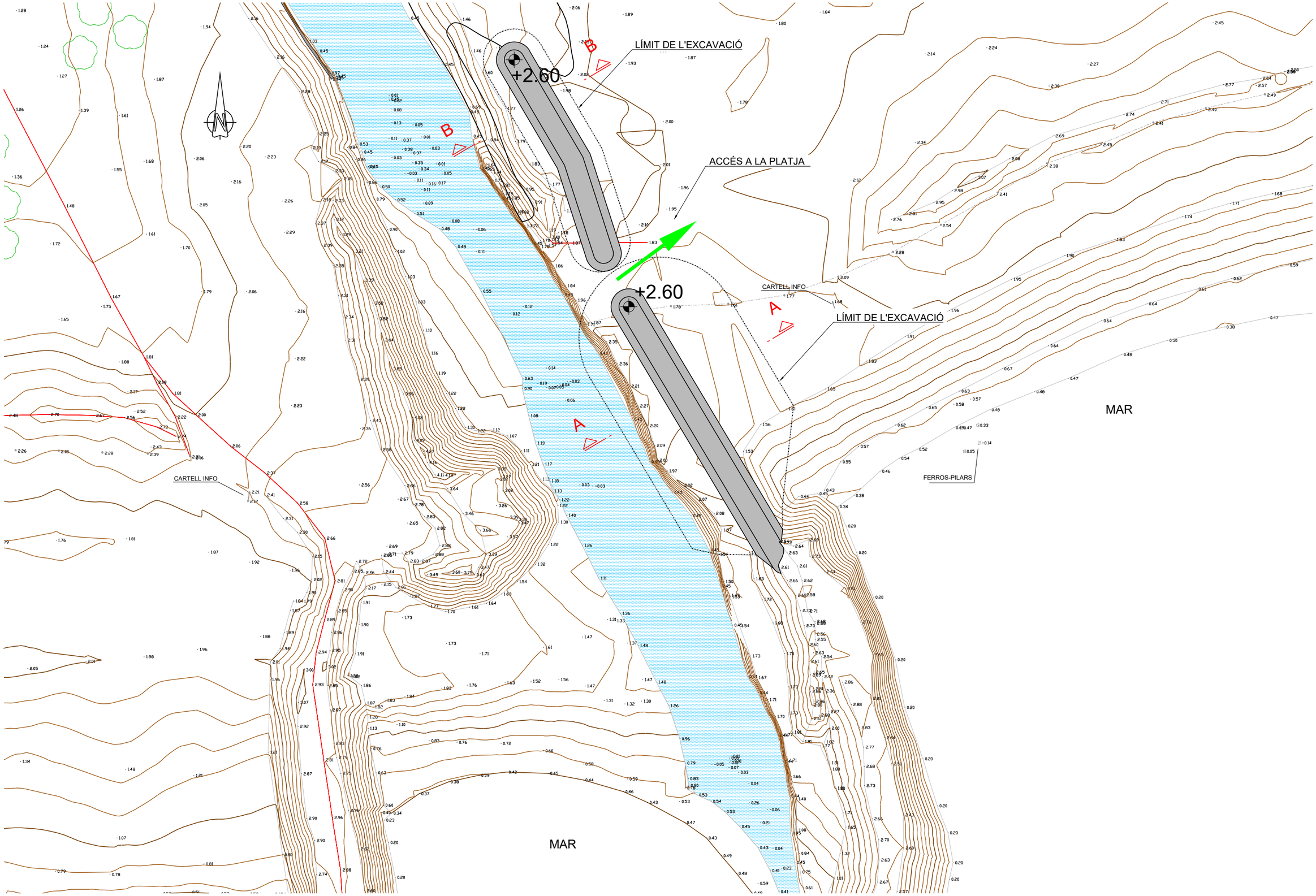
AZ 14-770-1

ESCALA 1:10

NOTA: COTES EN METRES Y MILÍMETRES. NIVELL DE REFERENCIA: Z.A.

3. Traçat 1.Secció tipus de palplanxes.dwg

AMB	Serveis del Cicle de l'Aigua FERNANDO CABELLO	Autoria MARCIGLOB F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	Expedient 20-2024 PROJECTE BÀSIC	MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Juny 2024	**ESTUDI D'ALTERNATIVES** TRAÇAT 1 SECCIÓ TIPUS DE PALPLANXES	**A04.3** **V.01** 17/06/2024 A3 E: 1/40

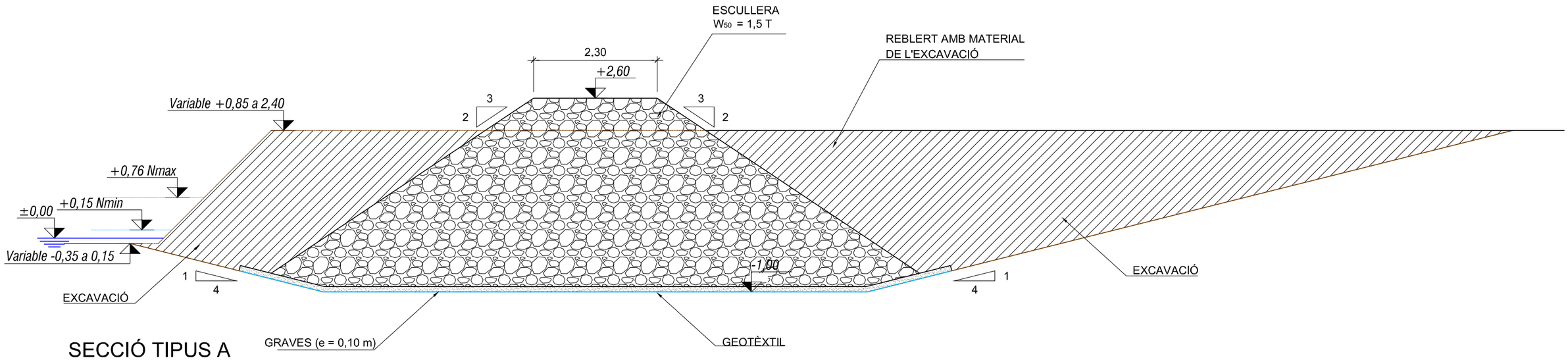


NOTA: COTES EN METRES. NIVELL DE REFERENCIA: Z.A.

AMB	**Serveis del Cicle de l'Aigua** FERNANDO CABELLO	**Autoria** MARCIGLOB F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	**Expedient** 20-2024 PROJECTE BÀSIC	MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Juny 2024	**ESTUDI D'ALTERNATIVES** TRAÇAT 2 SECCIÓ TIPUS D'ESCULLERA

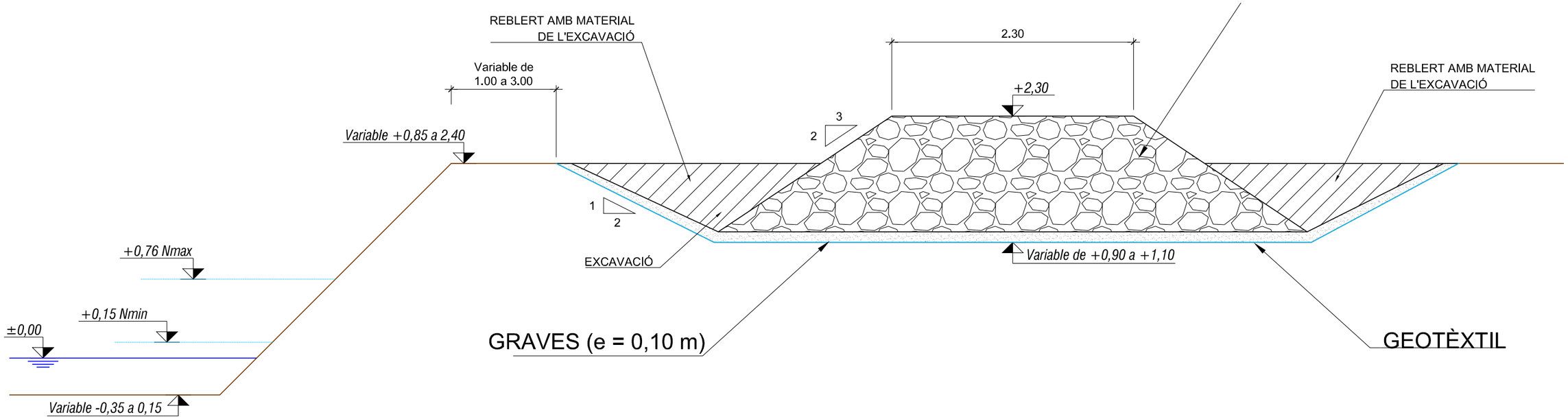
A04.4
V.01 17/06/2024
A3 E: 1/400

4. Traçat 2.Secció tipus d´escollera.dwg



SECCIÓ TIPUS A

ESCALA 1:75



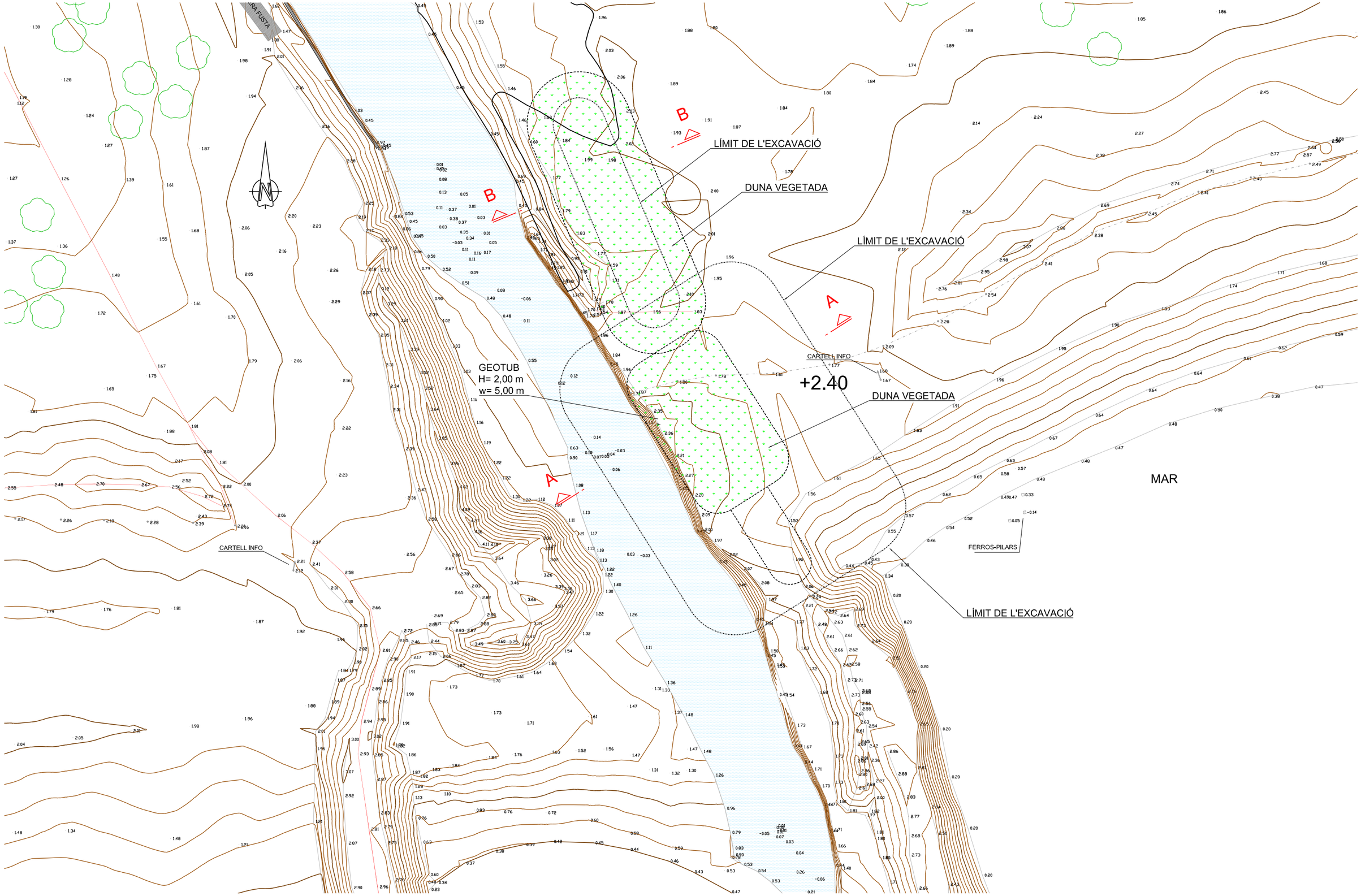
SECCIÓ TIPUS B

ESCALA 1:40

NOTA: COTES EN METROS. NIVEL DE REFERENCIA: Z.A.

AMB	Serveis del Cicle de l'Aigua FERNANDO CABELLO	Autoria MARCIGLOB F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	Expedient 20-2024 PROJECTE BÀSIC	MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Juny 2024	**ESTUDI D'ALTERNATIVES** TRAÇAT 2 SECCIÓ TIPUS D'ESCULLERA	**A04.4** **V.01** 17/06/2024 A3 E: 1/50

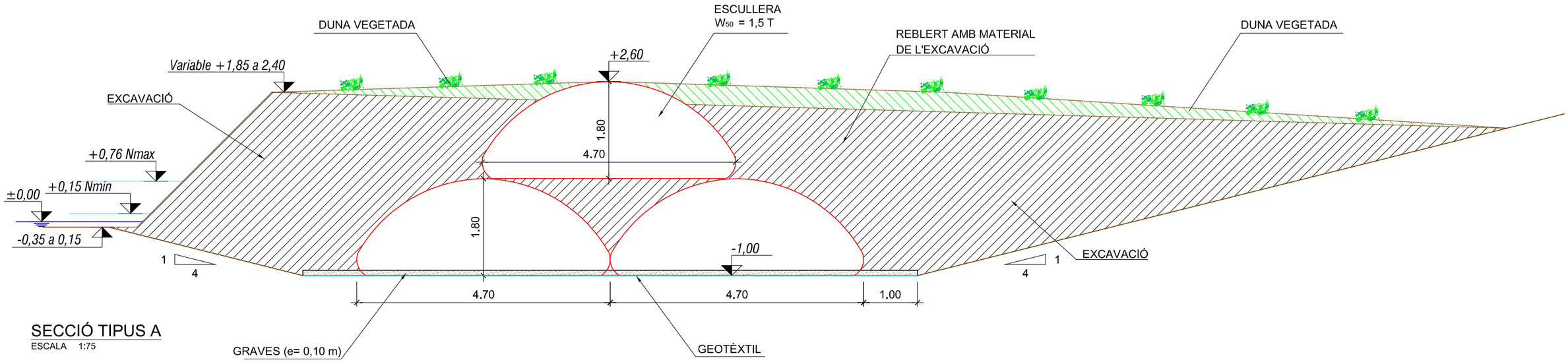
4. Traçat 2.Secció tipus d´escollera.dwg



NOTA: COTES EN METRES. NIVELL DE REFERENCIA: Z.A.

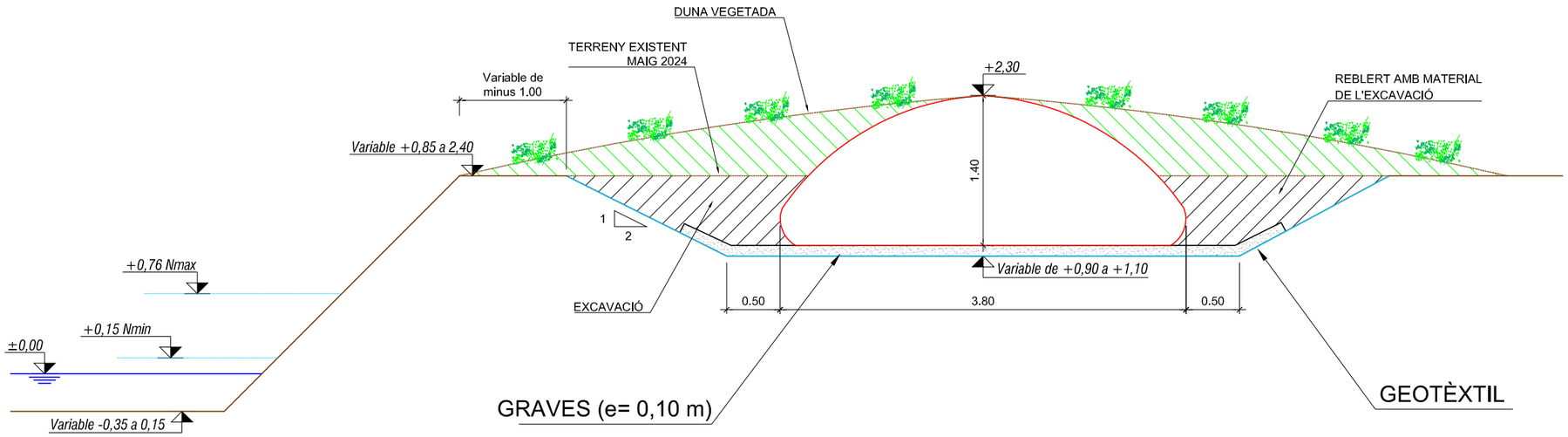
AMB	**Serveis del Cicle de l'Aigua** FERNANDO CABELLO	**Autoria** MARCIGLOB F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	**Expedient** 20-2024 PROJECTE BÀSIC	MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Juny 2024	**ESTUDI D'ALTERNATIVES** TRAÇAT 2 SECCIÓ TIPUS DE GEOTUBS	**A04.5** **V.01** 17/06/2024 A3 E: 1/400

5. Traçat 2.Secció tipus de geotubs.dwg



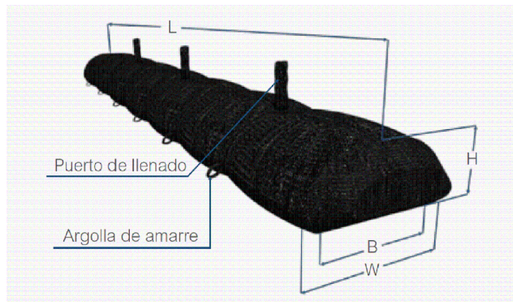
SECCIÓ TIPUS A

ESCALA 1:75



SECCIÓ TIPUS B

ESCALA 1:50

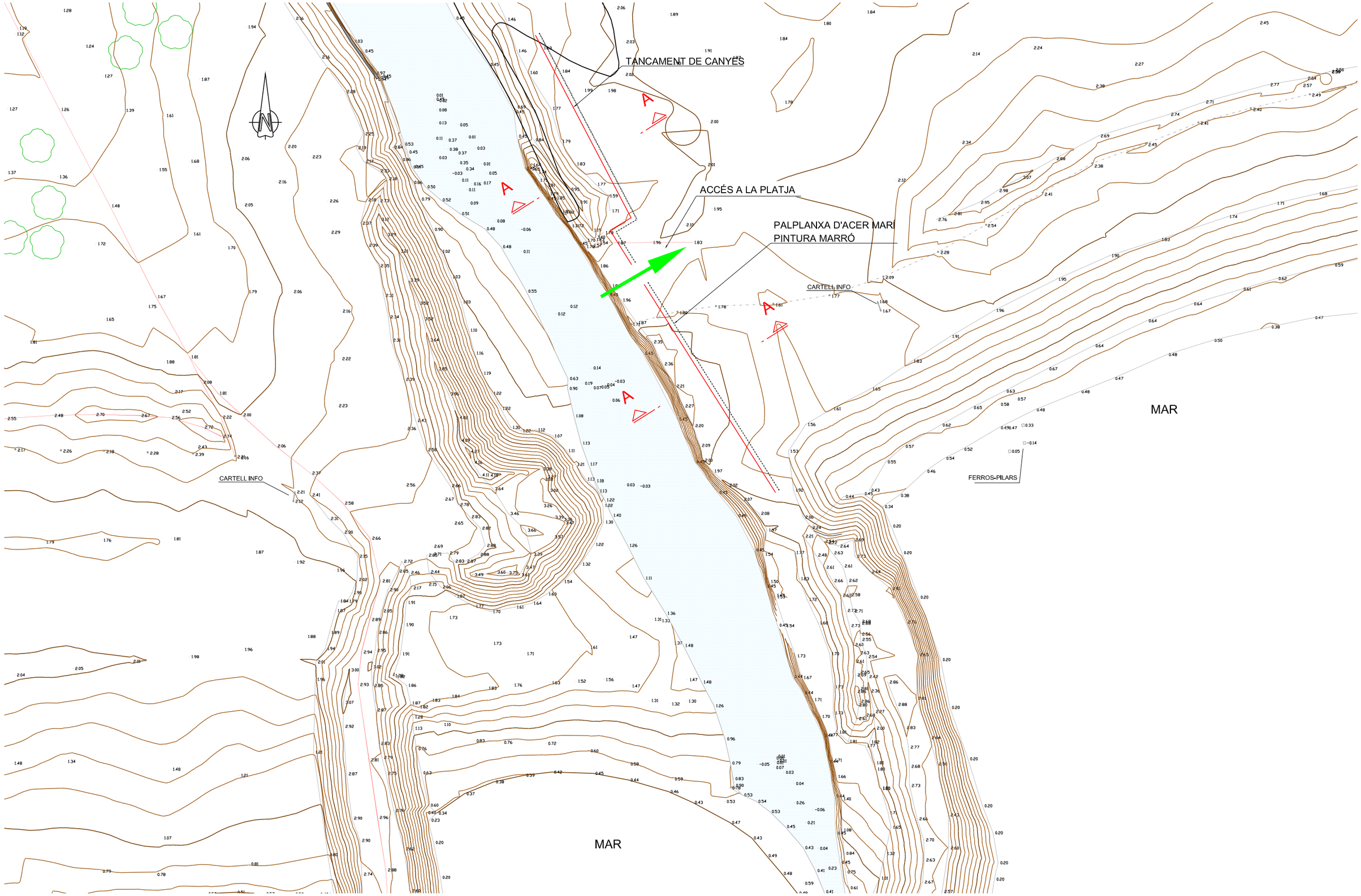


DIMENSIONES				
H	CONDICIÓN LLENADO	W (m)	B (m)	Vol.(m³/ml)
0.80	No sumergida	1.95	1.48	1.30
1.00	No sumergida	1.90	1.20	1.50
1.25	No sumergida	3.07	2.33	3.30
1.40	No sumergida	3.8	3.11	4.70
1.60	No sumergida	3.70	2.85	5.0
1.80	No sumergida	4.70	3.70	7.10
2.00	Sumergida	5.0	4.80	8.4

NOTA: COTES EN METRES. NIVELL DE REFERENCIA: Z.A.

5. Traçat 2.Secció tipus de geotubs.dwg

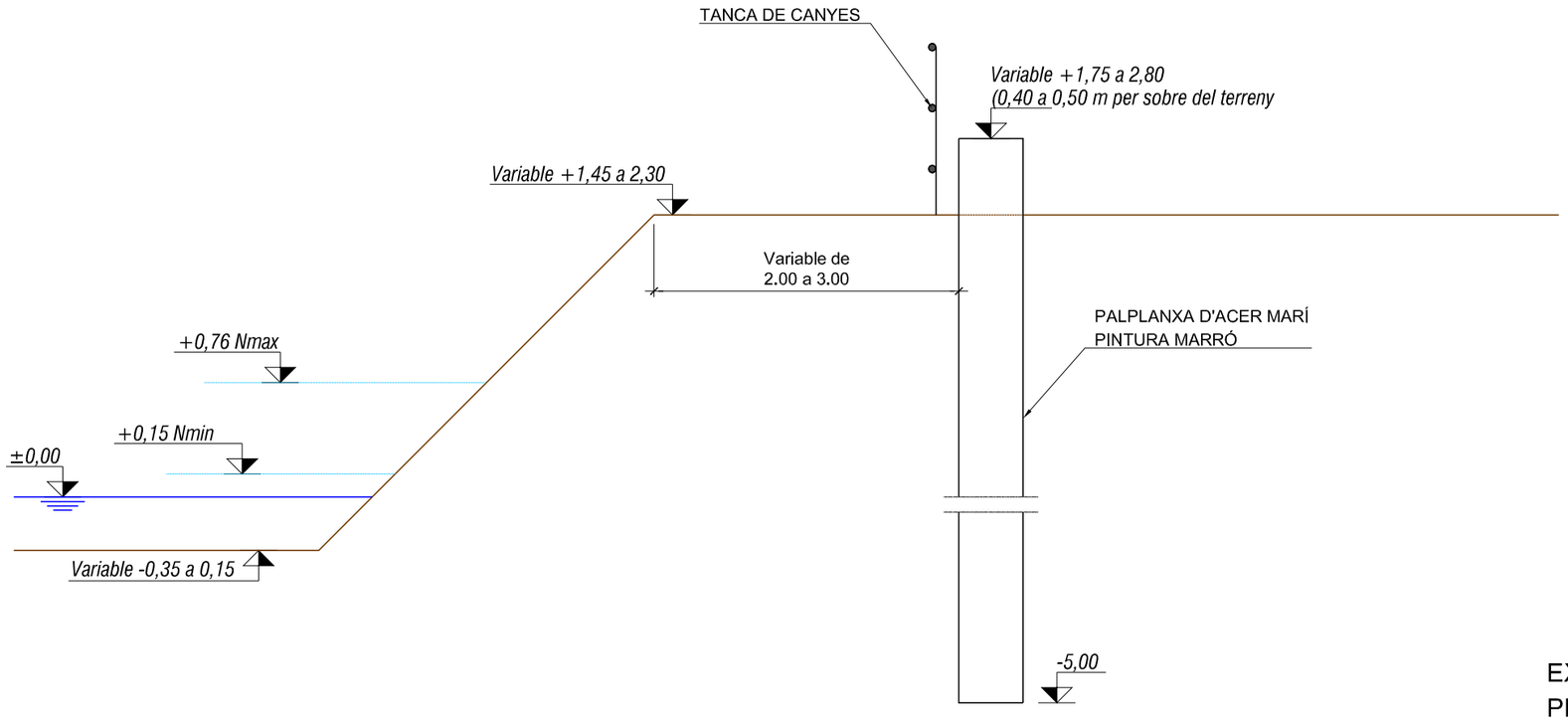
AMB	Serveis del Cicle de l'Aigua FERNANDO CABELLO	Autoria MARCIGLOB F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	Expedient 20-2024 PROJECTE BÀSIC	MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Juny 2024	ESTUDI D'ALTERNATIVES TRAÇAT 2 SECCIÓ TIPUS DE GEOTUBS	A04.5 V.01 17/06/2024 A3 E: 1/75



NOTA: COTES EN METRES. NIVELL DE REFERENCIA: Z.A.

AMB	**Serveis del Cicle de l'Aigua** FERNANDO CABELLO	**Autoria** MARCIGLOB F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	**Expedient** 20-2024 PROJECTE BÀSIC	MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Juny 2024	**ESTUDI D'ALTERNATIVES** TRAÇAT 2 SECCIÓ TIPUS DE PALPLANXES	**A04.6** **V.01** 17/06/2024 A3 E: 1/400

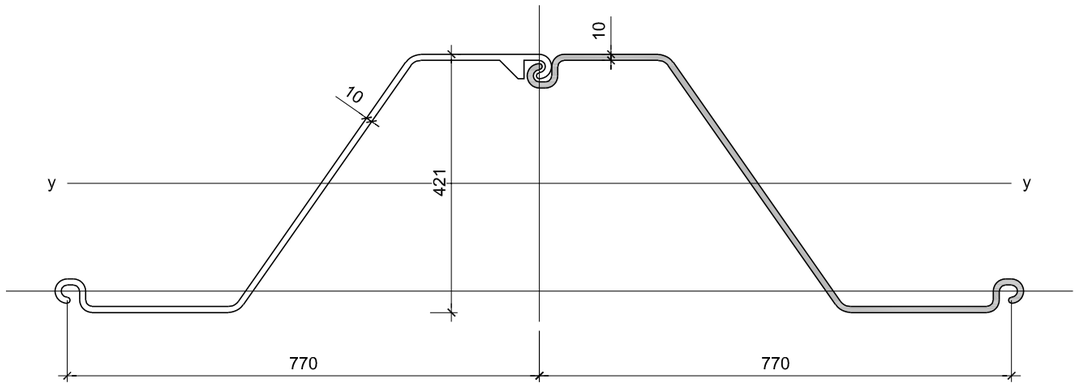
6. Traçat 2.Secció tipus de palplanxes.dwg



EXEMPLES DE LA UTILITZACIÓ DE PALPLANXES EN LA PROTECCIÓ CONTRA INUNDACIONS I ULTRAPASSAMENTS.

SECCIÓ TIPUS A (cotes en metres)

ESCALA 1:40



PALPLANXA (cotes en mm)

AZ 14-770-1

ESCALA 1:10

NOTA: COTES EN METRES O MILÍMETRES. NIVELL DE REFERENCIA: Z.A.

AMB	Serveis del Cicle de l'Aigua FERNANDO CABELLO	Autoria MARCIGLOB F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	Expedient 20-2024 PROJECTE BÀSIC	MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Juny 2024	ESTUDI D'ALTERNATIVES TRAÇAT 2 SECCIÓ TIPUS DE PALPLANXES	A04.6 V.01 17/06/2024 A3 E: 1/40

6. Traçat 2.Secció tipus de palplanxes.dwg

ANNEX Nº 5. DIMENSIONAMENT DE LES OBRES

B	11-12-24	Emissió per a Comentaris del Client	JIM	JEG	JEG
A	10-12-24	Emissió per a Comentaris Interns	JIM	JEG	JEG
Revisió	**Data**	**Descripció**	**Realitzat**	**Revisat**	**Aprovat**

ÍNDEX

1. BASES DE PARTIDA 1
2. CARÁCTER GENRAL Y OPERATIVO DE LA OBRA 1
2.1 CARÁCTER GENERAL DE LA OBRA 1
2.1.1 VIDA ÚTIL 1
2.1.2 PROBABILIDAD DE FALLO 1
2.1.3 PERÍODO DE RETORNO DE DISEÑO 2
2.2 CARÁCTER OPERATIVO DE LA OBRA 2
2.3 PROCEDIMIENTO DE RESOLUCIÓN DE LAS ECUACIONES DE VERIFICACIÓN 2
3. BASES DE CÁLCULO 4
3.1 ESTADOS LÍMITE Y COMBINACIÓN DE LAS ACCIONES 4
3.1.1 ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS, ELU 4
3.1.1.1 Modos de fallo 4
3.1.1.2 Combinación de las acciones 4
3.1.1.3 Coeficientes de compatibilidad 5
3.1.1.4 Coeficientes de ponderación parciales 5
3.1.2 ESTADOS LÍMITES OPERATIVOS, ELO 5
3.1.2.1 Modos de parada operativa 5
3.2 CONDICIONES DE TRABAJO 5
3.3 COEFICIENTES DE SEGURIDAD DE LOS MODOS DE FALLO 6
3.4 NIVELES DE DAÑO ACEPTABLES 7
3.5 NIVEL DE REFERENCIA ALTIMÉTRICO 7
4. PARÁMETROS DE PROYECTO 8
4.1 MATERIALES 8
4.1.1 ESCOLLERAS 8
4.1.2 MADERA 8
4.1.3 TORNILLERÍA 8
4.1.4 GEOTEXTIL 8
4.1.5 TERRENO DE CIMENTACIÓN 8
4.2 AGENTES Y ACCIONES 9
4.2.1 AGENTES GRAVITATORIOS 9
4.2.1.1 Acciones 9
4.2.2 AGENTES DEL MEDIO FÍSICO: CLIMÁTICOS 9
4.2.2.1 Nivel del mar 9
4.2.2.1.1 Caracterización del agente 9
4.2.2.1.2 Acciones 9
4.2.2.2 Oleaje 9
4.2.2.2.1 Caracterización del agente 9
4.2.2.2.2 Acciones 9
4.2.3 AGENTES DEL TERRENO 9
5. OLEAJE A PIE DE LA ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN 9
6. MODOS DE FALLO HIDRÁULICOS 10
6.1 ROTURA DEL OLEAJE 10
6.1.1 ALTURAS DE OLA SIGNIFICANTE Y MÁXIMA 10
6.1.1.1 Otros descriptores de la altura de ola 10
6.2 ESTABILIDAD HIDRÁULICA DEL MANTO EXTERIOR DE PROTECCIÓN 11
6.2.1 OBLICUIDAD Y REBASABILIDAD 11
6.2.2 FORMULACIONES DE VAN DER MEER Y DE VAN DEL MEER & VAN GENT 11
6.2.3 DESCRIPCIÓN DE LAS FÓRMULAS DE VAN DER MEER ("AGUAS SOMERAS") Y DE VAN DEL MEER & VAN GENT)"AGUAS PROFUNDAS") 12
6.2.4 CÁLCULO REALIZADO CON LA FORMULACIÓN DE VAN DER MEER – VAN GENT 13
7. PROFUNDIDAD DE ANCLAJE DE LOS PILONES DE LA EMPALIZADA DE MADERA 6

8. MODOS DE FALLO GEOTÉCNICOS 6

Índex de figures

Figura 1.- Reparto de la probabilidad de fallo de los estados límite últimos. Fuente: Marciglob 4

Figura 2.- Cálculo de las alturas significantes y máximas en rotura en la zona de proyecto, Tp=11 s (Fuente: elaboración propia). 11

Figura 3.- Cálculo de las alturas significantes y máximas en rotura en la zona de proyecto, Tp=6 s (Fuente: elaboración propia). 11

Figura 4.- Rangos de aplicabilidad de las formulaciones de Van der Meer -Van Gent para "aguas someras" y de Van der Meer para "aguas profundas". Fuente: CIRIA/CUR/CETMEF 12

Figura 5.- Permeabilidad nocional. Fuente: Van deer Meer 14

Figura 6.- Cálculo de la masa de los bloques de escollera para un talud 1V:1,5V . No rebasable, sin oblicuidad. Van der Meer-Van Gent "aguas someras". Fuente: Marciglob 1

Figura 7.- . Ejemplo de profundidades habituales de anclado/empotrado de postes de cercas de madera en zonas de playa. Fuente: Fitoforestal 6

Índex de taules

Tabla 1.- Vidas útiles mínimas de acuerdo a las ROM 1.0 (Fuente: Puertos del Estado) 1

Tabla 2.- Probabilidades de fallo máximas de acuerdo a las ROM 1.0 (Fuente: Puertos del Estado) 2

Tabla 3.- Operatividades mínimas en obras de abrigo de acuerdo a las ROM 1.0. Fuente: PPEE 3

Tabla 4.- Métodos de verificación de obra de abrigo y obras de atraque y amarre de acuerdo a las ROM 1.0 y ROM 2.0. Fuente: PPEE 3

Tabla 5.- Coeficientes de compatibilidad (Fuente: ROM 0.0) 5

Tabla 6.- Coeficientes de ponderación parciales (Fuente: ROM 0.5-05) 5

Tabla 7.- Coeficientes de seguridad mínimos a considerar para obras de abrigo en talud. Fuente: PPEE 6

Tabla 8.- Valores de la altura de ola significante espectral, período pico y profundidad frente a la desembocadura del Remolar, Fuente: Marciglob 9

Tabla 9.- Valores de H2%/Hrms y H1/10/Hrms en función de Htr/ Hrms (Fuente: CIRIA/CUR/CETMEF) ... 10

Tabla 10.- Valores de diseño del parámetro Sd. Fuente: Marciglob 13

Tabla 11.- Masa de los bloques de escollera de talud considerado no rebasable. Formulación de Van der Meer-Van Gent ("aguas someras"). Fuente: Marciglob 6

1. BASES DE PARTIDA

De manera general para la definición de las bases de diseño de este proyecto se seguirán las indicaciones recogidas en el programa ROM *(Recomendaciones para Obras Marítimas)* editadas por el organismo *Puertos del Estado (PPEE)*.

2. CARÁCTER GENRAL Y OPERATIVO DE LA OBRA

2.1 CARÁCTER GENERAL DE LA OBRA

2.1.1 VIDA ÚTIL

De acuerdo con la figura 2.2.33 de las ROM 1.0-09. *Recomendaciones del diseño y ejecución de las Obras de Abrigo* (ver siguiente figura) en el caso de obras de defensa de playas y de protección y defensa de márgenes (si bien esta obra como se verá no es exactamente la protección de un margen) la vida útil mínima a considerar ha de ser V = 15 años, que corresponde a obras con un Índice de Repercusión Económica (IRE) bajo, es decir, r_1:

$$V = 15 \text{ años}$$

2.1.2 PROBABILIDAD DE FALLO

Análogamente, de acuerdo con la figura 2.2.34 de las ROM 1.0-09 (ver Tabla 2.-) en el caso de obras en el caso de obras de defensa de playas la probabilidad de fallo es de 0,20 (20 %). En el caso de obras de protección y defensa de márgenes y/o en caso de obras de protección y defensa de márgenes, la vida útil mínima a considerar ha de ser ha de ser P_f = 0,10, que corresponde a obras con un Índice de Repercusión Social y Ambiental (ISA) "no significativo", es decir, s_1.

La obra objeto de este proyecto no es exactamente una defensa o protección de márgenes sino que se trata de una protección contra los aterramientos del canal de salida, tratándose además de una zona virgen relativamente aislada sin núcleos de población cercanos ni instalaciones expuestas a riesgo de inundación, sin que conste ninguna inundación producida en la zona por lo que se considerará una probabilidad de fallo de 0,20:

$$P_{f,ELU} = 0{,}20 = 20\%$$

Tabla 1.- Vidas útiles mínimas de acuerdo a las ROM 1.0 (Fuente: Puertos del Estado)

Figura 2.2.33. ***IRE, ISA y vida útil mínima en función del tipo de área abrigada***

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA			ÍNDICE IRE [7]		VIDA ÚTIL MÍNIMA (V_m) [7] (años)
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Puertos abiertos a todo tipo de tráficos	r_3	Alto	50
		Puertos para tráficos especializados	$r_2(r_3)$ [1]	Medio (alto) [1]	25 (50) [1]
	PUERTO PESQUERO		r_2	Medio	25
	PUERTO NÁUTICO-DEPORTIVO		r_2	Medio	25
	INDUSTRIAL		$r_2(r_3)$ [1]	Medio (alto) [1]	25 (50) [1]
	MILITAR		$r_2(r_3)$ [2]	Medio (alto) [2]	25 (50) [2]
	PROTECCIÓN DE RELLENOS O DE MÁRGENES		r_2 (r_3) [3]	Medio (alto) [3]	25 (50) [3]
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES [4]		r_3	Alto	50
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO		$r_2(r_3)$ [5]	Medio (alto) [5]	25 (50) [5]
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES		$r_1(r_3)$ [6]	Bajo (alto) [5]	15 (50) [7]
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS		r_1	Bajo	15

1 El índice IRE se elevará a r_3 cuando el tráfico esté asociado con el suministro energético o con materia primas minerales estratégicos y no se disponga de instalaciones alternativas adecuadas para su manipulación y/o almacenamiento.
2 El índice IRE se elevará a r_3 cuando la instalación militar se considere esencial para la defensa nacional.
3 En obras de protección de rellenos o de defensa de márgenes se tomará un índice IRE igual al señalado para el área portuaria en que se localiza.
4 Se entienden como diques de defensa ante grandes inundaciones, aquéllos que en caso de fallo podrían producir importantes inundaciones en el territorio.
5 El índice IRE se elevará a r_3 cuando la toma de agua o el punto de vertido esté asociado con el abastecimiento de agua para uso urbano o con la producción energética.
6 El índice IRE se elevará a r_2 cuando en su zona de afección se localicen edificaciones o instalaciones industriales.
7 Los índices inferiores a r_3 de la tabla se elevarán un grado por cada 30 M€ de coste de inversión inicial de la obra de abrigo.

Tabla 2.- Probabilidades de fallo máximas de acuerdo a las ROM 1.0 (Fuente: Puertos del Estado)

Figura 2.2.34. ***ISA y probabilidad conjunta de fallo para ELU y p_{fELS}***

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA				ÍNDICE ISA		P_{fELU}	P_{fELS}
ÁREAS PORTUARIAS	COMER-CIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique[1]	Mercancías peligrosas[2]	s_3	Alto	0.01	0.07
			Pasajeros y Mercancías no peligrosas[1]	s_2	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique		s_1	No significativo	0.20	0.20
	PESQUERO	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s_2	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s_1	No signif.	0.20	0.20
	NÁUTICO-DEPORT.	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s_2	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s_1	No signif.	0.20	0.20
	INDUS-TRIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique[1]	Mercancías peligrosas[2]	s_3	Alto	0.01	0.07
			Mercancías no peligrosas	s_2	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique		s_1	No significativo	0.20	0.20
	MILITAR	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique[1]		s_3	Alto	0.01	0.07
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s_1	No signif.	0.20	0.20
	PROTEC-CIÓN *	Con zonas de almacenamiento adosadas al dique[1]	Mercancías peligrosas[2]	s_3	Alto	0.01	0.07
			Mercancías no peligrosas	s_2	Bajo	0.10	0.10
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES[3]			s_4	Muy alto	0.0001	0.07
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO			s_2 (s_3)[4]	Bajo (alto)[4]	0.10 0.0001	0.10 0.07
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES			s_2 (s_4)[5]	Bajo (muy alto)[5]	0.10 0.0001	0.10 0.07
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS			s_1	No signif.	0.20	0.20

* PROTECCIÓN DE RELLENOS O MÁRGENES.

1 En el caso de que en la superficie adosada al dique esté previsto que se ubiquen edificaciones (p.e. estaciones marítimas, lonjas…), depósitos o silos que pudieran resultar afectados en el caso de fallo de la obra de abrigo, se considerará un índice ISA muy alto (s_4) (p_{fELU}=0.0001; p_{fELS} = 0,007).

2 Se consideran mercancías peligrosas los grupos de de sustancias prioritarias incluidas en el anejo X de la Directiva Marco del Agua (Decisión 2455/2001/CE), en el inventario europeo de emisiones contaminantes (EPER: Decisión 2004/479/CE), y en el Reglamento Nacional de Admisión, Manipulación y Almacenamiento de Mercancías Peligrosas (Real Decreto 145/1989). (Ver ROM 5.1-05).

3 Se entiende como diques de defensa ante grandes inundaciones, aquéllos que en caso de fallo podrían producir importantes inundaciones en el territorio.

4 El índice ISA se elevará a s_3 cuando la toma de agua o el punto de vertido estén asociados con el abastecimiento de agua para uso urbano o industrial o con la producción energética.

5 El índice ISA se elevará a s_4 cuando en caso de fallo pudieran resultar afectadas edificaciones u otras instalaciones industriales.

2.1.3 PERÍODO DE RETORNO DE DISEÑO

A partir de los valores de la vida útil V = 10 años y probabilidad de fallo $P_{f,ELU}$ = 0,20 se puede calcular el período de retorno T_r asociado, mediante la expresión

$$T_r = 1/[1-(1-P_{f,ELU})^{1/V}]$$

que en este caso resulta ser

T_r = 67,72 años.

2.2 CARÁCTER OPERATIVO DE LA OBRA

A este tipo de obra correspondería una operatividad teórica del 85%. Sin embargo, se trata de una pequeña obra para evitar los aterramientos de la desembocadura del estanque durante temporales y no durante la operación de la desembocadura, por lo que no se considerará el carácter operativo de la obra.

2.3 PROCEDIMIENTO DE RESOLUCIÓN DE LAS ECUACIONES DE VERIFICACIÓN

De acuerdo a la tabla 2.2.16 de las ROM 1.0-09 (ver Tabla 4.-) una obra de abrigo y con un IRE bajo y con un ISA no significativo debe ser verificado mediante el Método del Coeficiente de Seguridad Global (Nivel 0), ci bien el empleo de métodos más completos como el del los coeficientes parciales (Nivel I) también resulta admisible.

En el método de los coeficientes parciales las ecuaciones de verificación de cada modo de fallo se reescriben añadiendo unos coeficientes parciales γ que mayoran los diferentes términos correspondientes a las acciones o solicitaciones (S_i) y otros coeficientes que minoran los diferentes términos correspondientes a las resistencias (R_j), de manera que es suficiente exigir que los términos de las resistencias minoradas sean superiores a los de las acciones mayoradas, lo cual puede ser expresado matemáticamente del siguiente modo:

$$G = \Sigma R_{j,k}/\gamma_j - \Sigma S_{i,k}\cdot\gamma_i \geq 0 \qquad \Sigma R_{j,k}/\gamma_j \geq \Sigma S_{i,k}\cdot\gamma_i$$

Tabla 3.- Operatividades mínimas en obras de abrigo de acuerdo a las ROM 1.0. Fuente: PPEE

Figura 2.2.35. ***IREO y operatividad mínima***

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA				ÍNDICE IREO		$r_{f,ELO}$
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase		r_{o3}	Alto	0.99
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías adosadas al dique con adosadas a las que no les afecte el rebase	Con tráfico de graneles	r_{o2} [2]	Medio	0.95 [1]
			Con tráficos de pasajeros y de mercancía general regulares	r_{o3} [2]	Alto	0.99 [1]
			Con tráficos de mercancía general tramp	r_{o2} [2]	Medio	0.95 [1]
	PUERTO PESQUERO			r_{o3}	Alto	0.99 [1]
	PUERTO NÁUTICO-DEPORTIVO			r_{o3}	Alto	0.99 [1]
	INDUSTRIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase		r_{o3}	Alto	0.99
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase		r_{o2}	Medio	0.95 [1]
	MILITAR			r_{o3}	Alto	0.99
	PROTECCIÓN DE RELLENOS O DE MÁRGENES			r_{o3}	Alto	0.99
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES			r_{o3}	Alto	0.99
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO			r_{o3} (r_{o2}) [3]	Alto (medio) [3]	0.99 (0.95) [3]
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES			r_{o1} (r_{o3}) [4]	Bajo (alto) [4]	0.85 (0.99) [4]
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS			r_{o1}	Bajo	0.85

[1] En el caso de que los tráficos sean estacionales, la operatividad mínima se referirá a dicho periodo.
[2] En el caso de que la intensidad de la demanda sea pequeña (grado de utilización del área abrigada < 40%) los índices obtenidos podrán reducirse un grado.
[3] El índice IREO podrá reducirse a r_{02} cuando pueda considerarse que la demanda puede adaptarse a la parada operativa.
[4] El índice IREO deberá aumentarse a r_{03} cuando su zona de afección sea urbana o industrial.

Tabla 4.- Métodos de verificación de obra de abrigo y obras de atraque y amarre de acuerdo a las ROM 1.0 y ROM 2.0. Fuente: PPEE

Tabla 2.2.16. ***Métodos de verificación en función del IRE e ISA***

IRE	No significativo	Bajo	Alto	Muy Alto
Bajo	[1]	[2]	[2] y [3] ó [4]	[2] y [3] ó [4]
Medio	[2]	[2]	[2] y [3] ó [4]	[2] y [3] ó [4]
Alto	[2] y [3] ó [4]	[2] y [3] ó [4]	[2] y [3] ó [4]	[2] y [3] ó [4]

El número entre corchetes indica, [1]: Método del Coeficiente de seguridad global, (Nivel I); [2]: Método de los Coeficientes Parciales, (Nivel I); [3]: Métodos de Nivel II; y [4]: Métodos de Nivel III. Los tramos de obra cuyo carácter general sea [$r = r_3, s \geq s_1$] y [$r \geq r_1, s \geq s_3$], deberán verificarse al menos por dos métodos, uno el de los coeficientes parciales y otro de jerarquía superior.

3. BASES DE CÁLCULO

3.1 ESTADOS LÍMITE Y COMBINACIÓN DE LAS ACCIONES

De acuerdo a las ROM en el procedimiento de verificación de las secciones, se han de considerar los siguientes estados límite:

- Estados Límite Últimos, ELU.
- Estado Límite de Servicio, ELS.
- Estado Límite Operativo, ELO.

3.1.1 ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS, ELU

Son aquellos estados que producen la ruina por rotura o colapso estructural de la obra o parte de ella.

3.1.1.1 Modos de fallo

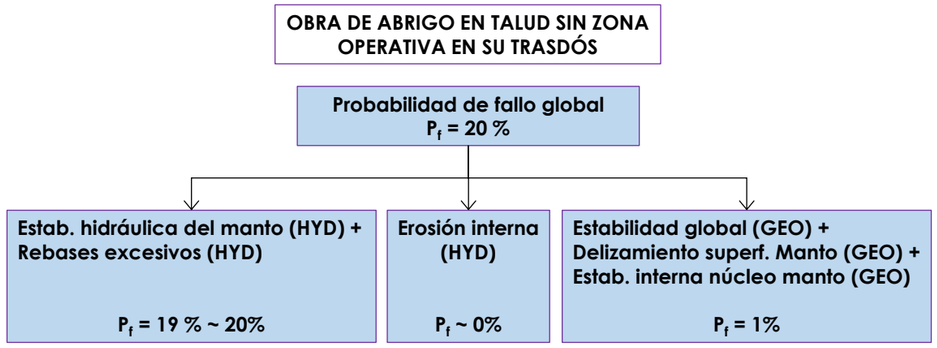
En Siguiendo las indicaciones de las ROM 2.0-11 se distinguen los siguientes tipos de modos de fallo:

- **Pérdida de equilibrio estático (EQU): son** aquellos fallos en los que la estructura pierde sus condiciones de estabilidad como consecuencia de alguna acción exterior sin que la resistencia de los materiales de la estructura o del terreno jueguen un papel apreciable.
- **Geotécnicos o de inestabilidad externa (GEO):** son aquellos fallos debidos a la rotura o deformación del terreno sobre el que se asienta la obra, excesiva para la seguridad estructural.
- **Fallos debidos al exceso de la presión de agua (UPL).** Son aquellos fallos producidos por levantamientos o hundimientos provocados por excesos de presión hidrostática o hidrodinámica en los que la resistencia del terreno y de la estructura desempeñan un papel secundario
- **De inestabilidad hidráulica (HYD):** son aquellos ocasionados por la existencia de gradientes hidráulicos en el terreno o en rellenos, por las fuerzas de arrastre generadas por éstos, así como por los movimientos de las aguas libres exteriores.
- **Estructurales o de inestabilidad interna (STR):** son aquellos fallos en los que la estructura colapsa por superación de la resistencia del material que la constituye.

Los modos de fallo asociados a ELUs a considerar en el diseño del espigón en fase de proyecto constructivo serían:

- Estabilidad hidráulica del talud de protección (HYD)
- Rebases excesivos (HYD)
- Erosión interna (HYD)
- Estabilidad global (GEO)
- Estabilidad interna del núcleo (GEO)
- Deslizamiento superficial del manto (GEO)

En la Figura 1.- se muestra el reparto de la probabilidad de fallo de los estados límite últimos ($P_{f,ELU}$) en los diferentes modos de fallo considerados.



Notas:
- *En los modos de fallo GEO con P_f=1% se pueden aplicar directamente los valores de F propuestos en las ROM 0.5-05.*
- *Al modo de fallo Erosión interna no se le asocia un valor de P_f. El cumplimiento de las normas de buena práctica (condiciones de filtro) asegura que no se produzca.*

Figura 1.- Reparto de la probabilidad de fallo de los estados límite últimos. Fuente: Marciglob

En esta fase de proyecto básico el modo de fallo asociado a ELUs a considerar en el diseño es:

- Estabilidad hidráulica del talud de protección (HYD).

3.1.1.2 Combinación de las acciones

De acuerdo a las ROM 0.5-05 Para verificar la seguridad frente a Estados Límite Últimos, se han de considerar los siguientes cuatro tipos de combinaciones de acciones:

- **Combinaciones fundamentales o características** para estados o situaciones de proyecto persistentes o transitorias.
- **Combinaciones cuasi-permanentes** en el campo geotécnico y debido al peso de la práctica pasada del cálculo con tensiones admisibles.
- **Combinaciones accidentales** para estados o situaciones de proyecto excepcionales.
- **Combinaciones sísmicas** para estados o situaciones de proyecto excepcionales con sismo.

Las combinaciones fundamentales o características se pueden representar por la siguiente expresión:

$$\gamma_g \cdot G + \gamma_{q,1} \cdot Q_1 + \Sigma\, \psi_{0,i} \cdot \gamma_{q,i} \cdot Q_i \qquad \text{para i entre 2 y n}$$

donde

- G son las acciones permanentes.

- Q_l es la acción variable predominante en el modo de fallo y las acciones variables simultáneas directamente dependientes de la predominante.
- Q_i son las acciones variables desfavorables simultáneas compatibles con la predominante e independientes de la misma.
- ψ_0 son los coeficientes de compatibilidad fundamental o característica.
- γ_g y γ_q son los coeficientes de ponderación parciales.

Las combinaciones cuasi-permanentes se pueden representar por la siguiente expresión:

$$G + \Sigma\, \psi_{2,i} \cdot Q_i \qquad \text{para i entre 1 y n}$$

donde

- ψ_2 son los coeficientes de compatibilidad cuasi-permanentes.

Las combinaciones accidentales se pueden representar por la siguiente expresión:

$$G + A + \psi_1 \cdot Q_1 + \Sigma\, \psi_{2,i} \cdot Q_i \qquad \text{para i entre 2 y n}$$

donde

- A es la acción extraordinaria o accidental.
- ψ_1 son los coeficientes de compatibilidad frecuentes.

Las combinaciones sísmicas se pueden representar por la siguiente expresión:

$$G + S + \Sigma\, \psi_{2,i} \cdot Q_i \qquad \text{para i entre 1 y n}$$

donde

- S es la acción sísmica.

3.1.1.3 Coeficientes de compatibilidad

De un modo genérico la ROM 0.0 en su tabla 5.5 ofrece valores de los diferentes coeficientes de compatibilidad en función del tipo de combinación (fundamental, frecuente o cuasi-permanente) y del origen de las acciones (ver Tabla 5.- , en la que el símbolo "P" hace referencia al término predominante y sus dependientes).

Tabla 5.- Coeficientes de compatibilidad (Fuente: ROM 0.0)

Tabla 5.5: Coeficiente de compatibilidad básico por el origen del término

Origen	fundamental Ψ_p^0	fundamental Ψ^0	frecuente Ψ_p^1	frecuente Ψ^2	cuasipermanente Ψ^2
Gravitatorio	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Medio físico	1.0	0.7	0.3	0.2-0.0	0.2-0.0*
Terreno	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Uso y Explotación	1.0	0.7	0.6	0.5-0.0	0.5-0.0*
del Material	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Construcción	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

3.1.1.4 Coeficientes de ponderación parciales

De acuerdo con la tabla 3.3.2 de las ROM 0.5-05 los coeficientes de ponderación parciales de las acciones para la verificación de modos de fallo adscritos a Estados Límite Últimos (ELU) en combinaciones fundamentales son los mostrados en la Tabla 6.- en función del modo de fallo.

Tabla 6.- Coeficientes de ponderación parciales (Fuente: ROM 0.5-05)

Tabla 3.3.2. Coeficientes de ponderación parciales* de las acciones para la verificación de modos de fallo adscritos a Estados Límite Últimos (ELU). Combinaciones fundamentales.

Acción	Símbolo	Tipo de modo de fallo				
		EQU	STR	GEO	UPL	HYD
Permanente						
Desfavorable	γ_g	1,10	1,35	1,00	1,00	1,35
Favorable		0,90	1,00	1,00	0,90	0,90
Variable						
Desfavorable	γ_q	1,50	1,50	1,30	1,50	1,50
Favorable		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

(*) Estos coeficientes no son de aplicación en aquellas obras en que por criterios de optimización económica no puedan admitirse probabilidades de ocurrencia de los modos de fallo geotécnicos similares a las consideradas con carácter general en esta ROM (p.e. en los diques de abrigo). Ver comentario del apartado 3.3.5.3

No obstante, tal como se comenta en el pie de dicha tabla estos coeficientes γ no son de aplicación en las obras de abrigo, por lo que a priori se considerará $\gamma = 1$.

3.1.2 Estados Límites Operativos, ELO

Son aquellos estados en los que se reduce o suspende temporalmente la explotación por causas externas a la obra o a sus instalaciones, sin que haya daño estructural en ella o en algunos de sus elementos. Una vez cesada la causa, la obra y sus instalaciones recuperan totalmente los requisitos de explotación iniciales.

3.1.2.1 Modos de parada operativa

Los principales modos de parada operativa de las obras de abrigo son los siguientes:

- Paralización del tráfico rodado y/o peatonal por rebases excesivos (ACS)

3.2 Condiciones de trabajo

Para la verificación de los modos de fallo GEO los estados de proyecto se agruparán en las diferentes condiciones de trabajo establecidas en el programa ROM.

- **Condiciones de trabajo operativas (CT1).** Los agentes predominantes son los de uso; en este caso las de tráfico rodado en el vial situado en la coronación del núcleo, justo detrás del manto principal.

- **Condiciones de trabajo extremas (CT2).** Los agentes predominantes son los climáticos y térmicos extremos (asociados a un período de retorno Tr = 50 años). Para estas CT se ha de considerar la combinación fundamental (o característica)[1].
- Condiciones de trabajo excepcionales (CT3), pudiéndose distinguir:
  - CT3,1: debido a la presentación de un agente climático extraordinario (asociado a un período de retorno Tr = 500 años).
  - CT3,2: debido a una acción accidental o insólita (generalmente asociada a las operaciones de buques comerciales). Por consiguiente en este caso no serán consideradas
  - CT3,3: debido a la presentación del agente sísmico extremal (CT3,31) o extraordinario (CT3,32). No se considerarán estas CT ya que el valor de aceleración de cálculo a_c no supera el valor 0,04•g (ver nota a pie de página nº 2).

  Para estas CT, se considera solamente la combinación accidental o la sísmica según sea el caso.

Por consiguiente, sólo resulta necesario analizar las condiciones CT1, CT2 y CT3,1 para el dimensionamiento de las secciones de la mota (ELUs)

Para las diferentes condiciones de trabajo se establecerán los valores de los agentes climáticos intervinientes y del resto de cargas permanentes y variables. Para dichas CT se verificará la seguridad de la estructura mediante la comprobación de los diferentes modos de fallo GEO comentados anteriormente.

En el caso de los modos de fallo HYD, el programa ROM no aclara las CT a considerar, por lo que se considerarán solamente las **condiciones de trabajo extremas (CT2)**, como suele ser habitual en Ingeniería Marítima. Para estas CT se ha de considerar la combinación fundamental (o característica).

3.3 COEFICIENTES DE SEGURIDAD DE LOS MODOS DE FALLO

Los coeficientes de seguridad mínimos (F) que deberán ser cumplidos en las verificaciones de los diferentes modos de fallo GEO descritos en el apartado 3.1.1.1 para las diferentes combinaciones definidas en el apartado 3.1.1.2 y condiciones de trabajo establecidas en el apartado 3.2 se muestran en la Tabla 7.- obtenida de las ROM 0.5-05.

[1] No se considera la combinación cuasi-permanente ya que, según la tabla 4.6.2.2 de las ROM 2.0-11 los valores extremos de los agentes climáticos no tienen valor de combinación cuasi-permanente ni frecuente.
[2] No es necesario tener en cuenta las acciones sísmicas, ya que la aceleración básica a_b es inferior a 0,04g.

Tabla 7.- Coeficientes de seguridad mínimos a considerar para obras de abrigo en talud. Fuente: PPEE

Tabla 4.7.1. Coeficientes de seguridad mínimos para diques en talud emergidos (con probabilidad de ocurrencia en el modo de fallo del orden de 0,01)

Apartado donde se define el método de cálculo asociado	Estados Límite Últimos de rotura de tipo Geotécnico* (GEO)	Tipos de combinación		
		Cuasi-Permanentes, F_1	Fundamentales o Características, F_2	Accidentales o Sísmicas, F_3
3.8.4.4	Deslizamiento superficial del manto	1,2	1,1	1
3.5.5 3.5.6 3.8.4.5 y 3.8.4.6	Pérdida de estabilidad del espaldón: deslizamiento, vuelco y estabilidad global	1,2	1,1	1
3.8.4.5 y 3.8.4.6	Pérdida de estabilidad de la berma	1,3	1,1	1
3.8.4.5 y 3.8.4.6	Pérdida de estabilidad global	1,3	1,1	1
–	Erosión interna	MP	MP	MP
3.8.4.5 y 3.8.4.6	Rotura del núcleo del dique	1,3	1,1	1
–	Socavación del fondo natural	MP	MP	MP

* Son los controlados, principalmente, por la resistencia del terreno.
MP En estos casos la seguridad no suele ser cuantificada. El problema puede evitarse tomando medidas preventivas adecuadas (MP).
Nota 1: Antes de utilizar estos coeficientes de seguridad deben conocerse los métodos de cálculo asociados que se definen en esta ROM, descritos en este apartado 4.7 y en los apartados que se indican en la primera columna.
Nota 2: Estos coeficientes de seguridad son válidos siempre que la probabilidad de ocurrencia admitida para cada modo de fallo sea del orden de 0,01 y se aplique el método estándar de verificación establecido en esta ROM. (Ver apartado 4.7.3). Para otras probabilidades de fallo, los coeficientes de seguridad mínimos fijados en esta tabla deberán modificarse de acuerdo con los criterios establecidos en los apartados 3.3.8 y 3.3.10 de esta ROM.
Nota 3: En aquellos casos en que el procedimiento de verificación elegido sea el específico por ser la probabilidad de fallo considerada mayor o igual a 0,05, los coeficientes de seguridad mínimos exigidos serán obtenidos a partir de la formulación incluida en el apartado 4.7.3.2.

Es importar remarcar que los valores de F indicados se corresponden al *método estándar de verificación*[3] establecido en las ROM 0.5-05 y que va asociado a unos valores de $P_{f,ELU}$ = 1 %.

Por lo que respecta a los modos de fallo hidráulicos, el programa ROM no ofrece valores de F. Por similitud, en el caso de estabilidad hidráulica del manto se considerarán los valores asociados al modo de fallo deslizamiento superficial del manto (F_2 = 1,1).

En este caso se podría pensar en aplicar el *método específico de verificación* establecido en las ROM 0.5-05 para obras de abrigo o aquellas en que el oleaje es la acción preponderante. En dicho método el valor característico E_k de la acción climática predominante es la asociada a un período de retorno Tr obtenido a partir de la vida útil V y la probabilidad de fallo P_f asociada al modo de fallo hidráulico y el valor de cálculo E_d se obtiene como $E_d = E_k \bullet \psi$ (siendo ψ el coeficiente de combinación, que al ser la acción predominante toma el valor ψ = 1). Por tanto, en la ecuación de verificación no se aplican los coeficientes parciales γ.

Los coeficientes de seguridad F se obtienen en este caso mediante la expresión:

[3] En el método estándar de verificación establecido en las ROM 0.5-05 el valor característico E_k de la acción climática predominante es la asociada a un período de retorno Tr = 50 años y el valor de cálculo E_d se obtiene como $E_d = E_k \cdot \psi \cdot \gamma_q$ es decir, en las ecuaciones de verificación se tienen en cuenta los coeficientes parciales y de combinación, y los coeficientes de seguridad F a considerar son los indicados en las tablas correspondientes (en este caso la Tabla 7.-).

$$F = \frac{e^{\zeta(\beta_0 + \frac{1}{2}\zeta)}}{1 + \beta_0 \, v_A} \geq 1$$

donde

- β_0 es el índice de fiabilidad asociado a P_f
- v_A es el coeficiente de variación del valor de la acción. A falta de datos más precisos puede tomarse del orden de 0,18 en el Mediterráneo y de 0,14 en el Atlántico.
- ζ es la desviación típica de ln F, valor aproximadamente igual al coeficiente de variación de F. A titulo orientativo, para los métodos de cálculo propuestos en las ROM 0.5-05, se pueden suponer los siguientes valores:

  - ζ = 0,15 a 0,20 para estabilidad global y deslizamiento.
  - ζ = 0,20 a 0,25 para hundimiento sin drenaje.
  - ζ = 0,30 a 0,35 para hundimiento con drenaje.

  Dentro del rango indicado para el valor de ζ se escogerá un valor tanto mayor cuanto más grande sea el coeficiente de variación de la acción. En general, en la costa atlántica han de utilizarse valores de ζ menores que en la costa mediterránea.

De esta manera para P_f = 19 % y ζ = 0,20 se obtiene F = 1,05 que será el valor considerado para la estabilidad hidráulica del manto.

Según las ROM 0.5-05, el método específico es aplicable para aquellos modos de fallo con P_f > 5 % y el método estándar para aquellos modos de fallo con $P_f \leq$ 5 %, para evitar el empleo de períodos de retorno excesivamente altos y que pueden comportar errores importantes por la extrapolación de los resultados a partir de los registros disponibles (en general no más de 50 o 60 años).

Por tanto

- En el caso del diseño hidráulico de la protección de escollera será de aplicación el método específico ya que los modos de fallo hidráulicos están ligados a P_f = 20 % > 5 % (por lo que el oleaje de diseño será el asociado a Tr = 45 años). En este caso el factor de seguridad sobre la masa de las piezas de escollera a considerar en la CT2 será F = 1,05.

3.4 NIVELES DE DAÑO ACEPTABLES

Para los modos de fallo hidráulicos (extracción de las piezas de los mantos principales o banquetas) las ROM no definen factores de seguridad, por lo que su dimensionamiento se realiza empleando las formulaciones del estado del arte para las características del oleaje de diseño (ver apartado 4.2.2.2.1) y resto de agentes climáticos simultáneos y compatibles.

En muchas de dichas formulaciones se debe definir el criterio de daños admisible entre los siguientes:

- *Inicio de Averías (IA):* se alcanza cuando un número determinado de piezas de la capa exterior del manto principal se desplaza de su posición original una distancia igual o mayor que un diámetro, y la citada capa comienza a mostrar claramente huecos de un tamaño superior al tamaño medio del poro.
- *Avería de Iribarren (AI):* se alcanza cuando el área dañada de la capa exterior del manto principal es tal que el flujo actúa directamente sobre las piezas de la capa interior de dicho manto, cuyas piezas pueden, por lo tanto, ser extraídas.
- *Inicio de Destrucción o Rotura (ID):* se alcanza cuando un número determinado de piezas de la capa interior del manto principal han sido extraídas y esta capa interior presenta Inicio de Averías.
- *Destrucción (D):* se alcanza cuando se inicia la extracción de bloques de la capa filtro.

En el presente proyecto se empleará como criterio el **Inicio de Averías.**

3.5 NIVEL DE REFERENCIA ALTIMÉTRICO

El nivel de referencia altimétrico o de las cotas y profundidades empleado en el proyecto es el Cero de Alicante (CA, Nivel Medio del Mar en Alicante, NMMA).

4. PARÁMETROS DE PROYECTO

4.1 MATERIALES

A continuación, se describen las principales propiedades de los materiales intervinientes en el cálculo.

4.1.1 ESCOLLERAS

Escolleras clasificadas

Densidad de las partículas sólidas:	d_s = 2,65 t/m^3
Peso específico de las partículas sólidas:	γ_s = 26 kN/m^3
Porosidad:	n = 35 %
Densidad aparente :	d_{ap} = 1,72 t/m^3
Peso específico aparente:	γ_{ap} = 16,9 kN/m^3
Densidad saturada:	d_{sat} = 2,08 t/m^3
Peso específico saturado:	γ_{sat} = 20,4 kN/m^3
Densidad sumergida:	d' = 1,05 t/m^3
Peso específico sumergido:	γ' = 10,3 kN
Ángulo de fricción interna:	ϕ = 45º
Coeficiente de rozamiento con hormigón in situ:	μ = 0.84
Coeficiente de rozamiento con hormigón prefabricado:	μ = 0625

4.1.2 MADERA

La madera utilizada cumplirá tendrá las siguientes características:

- Madera de Iroko.
- Clase resistente D40.
- Cumplirá los dispuesto en la British Standard BS 5756.
- Densidad aparente al 12% de humedad 650 kg/m3 madera semipesada.
- Dureza (Chaláis-Meudon) 3,9 madera semidura.
- Resistencia a la flexión estática (N/mm²): 96 – 120.
- Módulo de elasticidad en flexión (N/mm²): 9.500 – 13.000.
- Compresión axial (N/mm²): 50 – 70.
- Compresión perpendicular (N/mm²) :
  -Cortante (N/mm²): 7,0 - 12,4
  -Flexión dinámica (J/cm²): 2,6 – 5,0
- Resistencia a hongos: clase 1-2.
- Resistencia insectos perforadores de madera: Clase D.
- Resistencia termitas: Clase D.
- Clase 5 de la NF EN 350 (sin necesidad de tratamiento).
- Estabilidad dimensional:
  - Coeficiente de contracción volumétrico 0,36 % madera estable
  - Relación entre contracciones 1,57% sin tendencia a deformarse

4.1.3 TORNILLERÍA

Tornillería Torx inox. A4

4.1.4 GEOTEXTIL

Las características mínimas serán las siguientes:

- **Características funcionales:**

1. Peso mínimo de 300 gr/m2.
2. Abertura eficaz de poros (según EN ISO 12956) : $O_{90,w}$ ≤ 80 µm (1)
3. Número de constricciones de la capa de filtración: 25 ≤ m ≤ 40 (2)
4. Permeabilidad normal del sistema (según EN ISO 11058) : V_{H50} ≥ 60 mm/s (1)

- **Características para evitar daños durante la instalación :**

1. Alargamiento a carga máxima (MD y CD) (según EN ISO 10319) : ε ≥ 85 % (1)
2. Resistencia a tracción (MD y CD) (según EN ISO 10319): R_t ≥ 23 kN/m
3. Energía absorbida máxima (según EN ISO 10319) : E ≥ 10 kN/m
4. Resistencia al punzonamiento estático CBR (según EN ISO 12236) : Ps ≥ 3,3 KN (1)
5. Resistencia a la perforación dinámica (según EN 918) : Pd ≤ 13 mm (1)

- **Características de durabilidad :**

1. Se evitará que el sistema de filtración esté expuesto directamente a los rayos ultravioletas.
2. La superficie del subsuelo tiene que prepararse para eliminar todo elemento agresivo (piedras, raíces).
3. Las piezas de escollera se instalarán con una altura de caída inferior a 2 m.
4. Los rollos de geotextil tendrán un solape mínimo de 1 m, o se coserán juntos.

4.1.5 TERRENO DE CIMENTACIÓN

No se dispone de información geotécnica específica para este proyecto, no considerándose necesaria la comprobación del modo de fallo geotécnico pues se tratarse de una estructura muy ligera, más que el espigón existente en la actualidad que no ha dado problemas de estabilidad geotécnica.

4.2 AGENTES Y ACCIONES

4.2.1 AGENTES GRAVITATORIOS

4.2.1.1 Acciones

Los pesos propios y cargas muertas se obtienen mediante el producto de los volúmenes de cada elemento y las densidades especificadas en el apartado 4.1.

4.2.2 AGENTES DEL MEDIO FÍSICO: CLIMÁTICOS

4.2.2.1 Nivel del mar

4.2.2.1.1 Caracterización del agente

De acuerdo con la información recogida en el Anejo nº 2 se obtienen los siguientes valores para R=5 años:

- Nivel máximo NMAX = +0,57 m (r/REDMAR) = +0,74 m CA (y CP).
- Nivel medio NMM = –0,04 m (r/ REDMAR) = +0,19 m CA (y CP).
- Nivel mínimo NMIN = –0,54 m (r/ REDMAR) = –0,24 m CA (y CP).

4.2.2.1.2 Acciones

La acción del nivel del mar consiste en la presión estática ocasionada por la inmersión parcial de los diferentes elementos de la obra. A estos efectos se consideran los siguientes valores:

Densidad: ρ_w = 1,03 t/m^3

Peso específico: γ_w = 10,10 kN/m^3

4.2.2.2 Oleaje

4.2.2.2.1 Caracterización del agente

Agente climático extremal (CT2)

De acuerdo con la información recogida en los Anejos nº 2 y 3 se obtienen los siguientes valores

- Altura de ola: H_s=1,54 m (estima central).
- Períodos del oleaje: T_p = 6 s a 11 s $T_m = T_z = T_p/1,10$ $T_{m-1,0} = T_p/1,10$
- Oblicuidad, β = 0º

4.2.2.2.2 Acciones

Para determinar las acciones del oleaje sobre los diferentes elementos de la obra a dimensionar se emplearán diferentes formulaciones:

- Cálculo del oleaje en rotura.
- Estabilidad de taludes de escollera: fórmula de Van der Meer y Van der Meer – Van Gent.

4.2.3 AGENTES DEL TERRENO

No se dispone de información geotécnica específica para este proyecto, no considerándose necesaria la comprobación del modo de fallo geotécnico pues se tratarse de una estructura muy ligera, más que el espigón existente en la actualidad que no ha dado problemas de estabilidad geotécnica.

5. OLEAJE A PIE DE LA ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN

En el Anejo nº 2 de este proyecto se ha desarrollado el estudio del clima marítimo, y en el Anejo 3 (Apéndice 1) la propagación del oleaje Anejo nº 4 se han definido los parámetros climáticos de cálculo.

En base a los resultados obtenidos (transferencia de toda la base de datos de oleaje desde alta mar hasta la zona de proyecto) se ha calculado la altura de ola significante en la zona de proyecto).

En la Tabla 8.- se resumen los valores de altura de ola significante espectral a pie de mota para el período de retorno de diseño, así como los períodos pico T_p asociados y la profundidad h de cada zona.

Tabla 8.- Valores de la altura de ola significante espectral, período pico y profundidad frente a la desembocadura del Remolar, Fuente: Marciglob

Zona	H_{mo} local (m)	T_p (s)	h (m CP)
Desembocadura	1,54	6 s a 11 s	-5,25

Dados los valores de la altura de ola y de los calados, no se produce rotura del oleaje para los valores de altura de ola significante espectral asociados al período de retorno de diseño.

Como niveles de mar, en los cálculos se tomarán los valores +0.76, +0.15 y -0.35 m CP.

6. MODOS DE FALLO HIDRÁULICOS

De acuerdo a lo indicado en el Anejo nº 6. Bases de Partida y Criterios de Diseño se han considerado los siguientes modos de fallo hidráulicos (HYD)

- Estabilidad hidráulica del manto exterior de protección
- Estabilidad interna
- Rebases excesivos

Teniendo en cuenta las profundidades de la mota (entre -5,25 y -6,25 m CP) no se ha considerado una berma o pie de apoyo del manto principal, ya que dificulta la ejecución de la obra y en este caso el ahorro económico sería cuestionable pues la masa de las piezas de dicho manto exterior al final resultan poco importantes).

6.1 ROTURA DEL OLEAJE

6.1.1 ALTURAS DE OLA SIGNIFICANTE Y MÁXIMA

Existen diversas formulaciones que permiten obtener las alturas de ola en rotura (significante y máxima) en función de diferentes variables, tales como calado, período del oleaje y pendiente del fondo.

Los criterios habitualmente utilizados por MARCIGLOB son:

- Para las zonas con pendiente del fondo inferior a 0,02 (1/50), el de Wieggel (1972).
- Para las zonas con pendientes del fondo de (1/10, 1/20, 1/30, 1/50 y 1/100 el de Owen (1980).
- Para las zonas con pendiente del fondo entre 0,02 (1/50) y 0,10 (1/10): el de Melito (1999).

El motivo de dicha selección es que las fórmulas de Wieggel (para el cálculo de la altura máxima en rotura) y de Owen (para el cálculo de la altura significante en rotura) son las que tradicionalmente se han empleado en Ingeniería Marítima. No obstante, tras comprobar que para pendientes elevadas infravaloraban las alturas en rotura, Melito dedujo su fórmula a partir de ensayos en modelo físico, con valores más próximos a la realidad

La franja de terreno en la que se van a construir las obras está muy cercana a la costa, alcanzando una profundidad máxima de -8 m CA (tanto el vertido de arena como el pie del espigón de Levante).

Por todo ello se van a analizar las alturas de ola significante (H_s) y máxima ($H_{máx}$) compatibles con diferentes profundidades entre la +0,0 (C.A.) y la máxima profundidad alcanzada por cada espigón. Los cálculos se presentan en las imágenes mostradas como Figura 2.- a Figura 3.- .

En dichos cálculos como niveles de mar se han considerado los presentados en el apartado 4.2.2.1 y como período pico de oleaje de diseño los valores T_p = 6,0 s y 11,0 s.

La pendiente del fondo empleada se muestra en los cálculos de la altura de ola de rotura.

Para todas las combinaciones de profundidad y nivel de mar en las cuales los valores de H_s y/o de H_{max} sean inferiores a los valores de diseño fijados (ver Tabla 8.- en el apartado anterior) se producirá la limitación por fondo o rotura, y por lo tanto las olas de cálculo a considerar en los dimensionamientos serán las de la Figura 2.- y Figura 3.- .

6.1.1.1 Otros descriptores de la altura de ola

En el caso que se deban emplear otros descriptores de la altura de ola en la zona de rotura (por ejemplo, $H_{2\%}$ o $H_{1/10}$) puede emplearse la metodología propuesta por Battjes y Groenendijk (2000) según la cual las relaciones $H_{1/10}/H_{rms}$ y $H_{2\%}/H_{rms}$ pueden obtenerse mediante las expresiones

$$H_{2\%} = (H_{2\%}/H_{rms})_{Tabla\ 9.-} \bullet H_{rms}$$

y

$$H_{1/10} = (H_{1/10}/H_{rms})_{Tabla\ 9.-} \bullet H_{rms}$$

donde

- H_{rms} es la altura de ola cuadrática en la zona de rotura, que puede obtenerse mediante la expresión: $H_{rms} = [0{,}6725 + 0{,}2025 \bullet (H_s/h)] \bullet H_s$
- H_{tr} es una altura de ola transicional calculada como $H_{tr} = (0{,}35 + 5{,}8 \bullet m) \bullet h$, siendo m la pendiente del fondo en la zona de rotura

Tabla 9.- Valores de $H_{2\%}/H_{rms}$ y $H_{1/10}/H_{rms}$ en función de H_{tr}/H_{rms} (Fuente: CIRIA/CUR/CETMEF)

Characteristic height	Non-dimensional transitional wave H_{tr}/H_{rms}									
	0.05	0.50	1.00	1.20	1.35	1.50	1.75	2.00	2.50	3.00
$H_{1/10}/H_{rms}$	1.466	1.467	1.518	1.573	1.626	1.683	1.759	1.786	1.799	1.800
$H_{2\%}/H_{rms}$	1.548	1.549	1.603	1.662	1.717	1.778	1.884	1.985	1.978	1.978

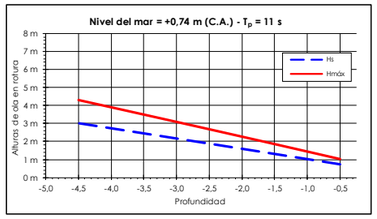
CÁLCULO DE LAS ALTURAS DE OLA EN ROTURA. Remolar

MARCIGLOB Maritime & Civil Global Consultancy Solutions

Período pico T_p = 11,0 s $\alpha = T_p/T_m$ = 1,15 *Fórmulas de Wieggel (1972) y Owen (1980): 0,1 (1/10) < m < 0,02 (1/100)*
Período medio T_m = 11,0 s *Fórmula de Melito (1999): 0,02 (1/50) < m < 0,10 (1/10)*
Pendiente del fondo m = 0,008 (1 / 128)

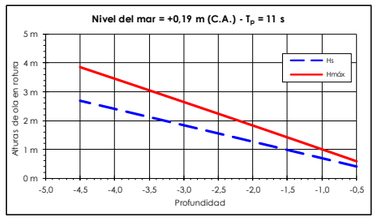
Nivel de mar η = +0,74 T_p = 11,0 s

Profundidad	Calado (h_s)	$h_s/(gT_p^2)$	H_s/h_s	H_s	$H_{máx}/h_s$	$H_{máx}$	$H_{máx}/H_s$
-0,5	1,24 m	0,0010	0,58	**0,72 m**	0,83	**1,03 m**	1,44
-1,0	1,74 m	0,0015	0,58	**1,00 m**	0,83	**1,45 m**	1,44
-1,5	2,24 m	0,0019	0,58	**1,29 m**	0,83	**1,86 m**	1,44
-2,0	2,74 m	0,0023	0,58	**1,58 m**	0,83	**2,27 m**	1,44
-2,5	3,24 m	0,0027	0,57	**1,86 m**	0,83	**2,68 m**	1,44
-3,0	3,74 m	0,0032	0,57	**2,15 m**	0,82	**3,08 m**	1,44
-3,5	4,24 m	0,0036	0,57	**2,43 m**	0,82	**3,48 m**	1,43
-4,0	4,74 m	0,0040	0,57	**2,71 m**	0,82	**3,89 m**	1,43
-4,5	5,24 m	0,0044	0,57	**2,99 m**	0,82	**4,28 m**	1,43



Nivel de mar η = +0,19 T_p = 11,0 s

Profundidad	Calado (h_s)	$h_s/(gT_p^2)$	H_s/h_s	H_s	$H_{máx}/h_s$	$H_{máx}$	$H_{máx}/H_s$
-0,5	0,69 m	0,0006	0,58	**0,40 m**	0,84	**0,58 m**	1,45
-1,0	1,19 m	0,0010	0,58	**0,69 m**	0,83	**0,99 m**	1,44
-1,5	1,69 m	0,0014	0,58	**0,98 m**	0,83	**1,41 m**	1,44
-2,0	2,19 m	0,0018	0,58	**1,26 m**	0,83	**1,82 m**	1,44
-2,5	2,69 m	0,0023	0,58	**1,55 m**	0,83	**2,23 m**	1,44
-3,0	3,19 m	0,0027	0,57	**1,83 m**	0,83	**2,63 m**	1,44
-3,5	3,69 m	0,0031	0,57	**2,12 m**	0,82	**3,04 m**	1,44
-4,0	4,19 m	0,0035	0,57	**2,40 m**	0,82	**3,44 m**	1,43
-4,5	4,69 m	0,0040	0,57	**2,68 m**	0,82	**3,85 m**	1,43



Nivel de mar η = -0,24 T_p = 11,0 s

Profundidad	Calado (h_s)	$h_s/(gT_p^2)$	H_s/h_s	H_s	$H_{máx}/h_s$	$H_{máx}$	$H_{máx}/H_s$
-0,5	0,26 m	0,0002	0,58	**0,15 m**	0,84	**0,22 m**	1,45
-1,0	0,76 m	0,0006	0,58	**0,44 m**	0,84	**0,64 m**	1,44
-1,5	1,26 m	0,0011	0,58	**0,73 m**	0,83	**1,05 m**	1,44
-2,0	1,76 m	0,0015	0,58	**1,02 m**	0,83	**1,46 m**	1,44
-2,5	2,26 m	0,0019	0,58	**1,30 m**	0,83	**1,88 m**	1,44
-3,0	2,76 m	0,0023	0,58	**1,59 m**	0,83	**2,28 m**	1,44
-3,5	3,26 m	0,0027	0,57	**1,87 m**	0,83	**2,69 m**	1,44
-4,0	3,76 m	0,0032	0,57	**2,16 m**	0,82	**3,10 m**	1,44
-4,5	4,26 m	0,0036	0,57	**2,44 m**	0,82	**3,50 m**	1,43

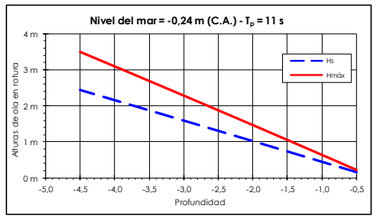


Figura 2.- Cálculo de las alturas significantes y máximas en rotura en la zona de proyecto, Tp=11 s (Fuente: elaboración propia).

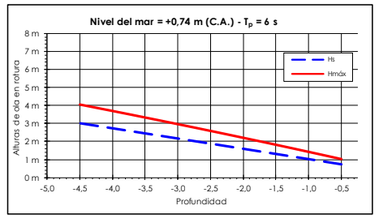
CÁLCULO DE LAS ALTURAS DE OLA EN ROTURA. Remolar

MARCIGLOB Maritime & Civil Global Consultancy Solutions

Período pico T_p = 6,0 s $\alpha = T_p/T_m$ = 1,15 *Fórmulas de Wieggel (1972) y Owen (1980): 0,1 (1/10) < m < 0,02 (1/100)*
Período medio T_m = 11,0 s *Fórmula de Melito (1999): 0,02 (1/50) < m < 0,10 (1/10)*
Pendiente del fondo m = 0,008 (1 / 128)

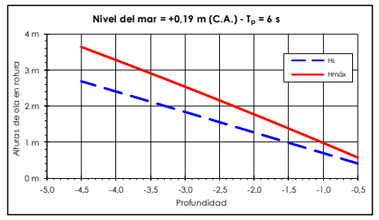
Nivel de mar η = +0,74 T_p = 6,0 s

Profundidad	Calado (h_s)	$h_s/(gT_p^2)$	H_s/h_s	H_s	$H_{máx}/h_s$	$H_{máx}$	$H_{máx}/H_s$
-0,5	1,24 m	0,0035	0,58	**0,72 m**	0,82	**1,02 m**	1,42
-1,0	1,74 m	0,0049	0,58	**1,00 m**	0,82	**1,42 m**	1,41
-1,5	2,24 m	0,0063	0,58	**1,29 m**	0,81	**1,81 m**	1,40
-2,0	2,74 m	0,0078	0,58	**1,58 m**	0,80	**2,20 m**	1,39
-2,5	3,24 m	0,0092	0,57	**1,86 m**	0,80	**2,58 m**	1,38
-3,0	3,74 m	0,0106	0,57	**2,15 m**	0,79	**2,95 m**	1,38
-3,5	4,24 m	0,0120	0,57	**2,43 m**	0,78	**3,32 m**	1,37
-4,0	4,74 m	0,0134	0,57	**2,71 m**	0,78	**3,68 m**	1,36
-4,5	5,24 m	0,0148	0,57	**2,99 m**	0,77	**4,04 m**	1,35



Nivel de mar η = +0,19 T_p = 6,0 s

Profundidad	Calado (h_s)	$h_s/(gT_p^2)$	H_s/h_s	H_s	$H_{máx}/h_s$	$H_{máx}$	$H_{máx}/H_s$
-0,5	0,69 m	0,0020	0,58	**0,40 m**	0,83	**0,57 m**	1,43
-1,0	1,19 m	0,0034	0,58	**0,69 m**	0,82	**0,98 m**	1,42
-1,5	1,69 m	0,0048	0,58	**0,98 m**	0,82	**1,38 m**	1,41
-2,0	2,19 m	0,0062	0,58	**1,26 m**	0,81	**1,77 m**	1,40
-2,5	2,69 m	0,0076	0,58	**1,55 m**	0,80	**2,16 m**	1,39
-3,0	3,19 m	0,0090	0,57	**1,83 m**	0,80	**2,54 m**	1,39
-3,5	3,69 m	0,0104	0,57	**2,12 m**	0,79	**2,91 m**	1,38
-4,0	4,19 m	0,0119	0,57	**2,40 m**	0,78	**3,28 m**	1,37
-4,5	4,69 m	0,0133	0,57	**2,68 m**	0,78	**3,64 m**	1,36



Nivel de mar η = -0,24 T_p = 6,0 s

Profundidad	Calado (h_s)	$h_s/(gT_p^2)$	H_s/h_s	H_s	$H_{máx}/h_s$	$H_{máx}$	$H_{máx}/H_s$
-0,5	0,26 m	0,0007	0,58	**0,15 m**	0,84	**0,22 m**	1,44
-1,0	0,76 m	0,0022	0,58	**0,44 m**	0,83	**0,63 m**	1,43
-1,5	1,26 m	0,0036	0,58	**0,73 m**	0,82	**1,04 m**	1,42
-2,0	1,76 m	0,0050	0,58	**1,02 m**	0,81	**1,43 m**	1,41
-2,5	2,26 m	0,0064	0,58	**1,30 m**	0,81	**1,83 m**	1,40
-3,0	2,76 m	0,0078	0,58	**1,59 m**	0,80	**2,21 m**	1,39
-3,5	3,26 m	0,0092	0,57	**1,87 m**	0,80	**2,59 m**	1,38
-4,0	3,76 m	0,0106	0,57	**2,16 m**	0,79	**2,97 m**	1,37
-4,5	4,26 m	0,0121	0,57	**2,44 m**	0,78	**3,33 m**	1,37

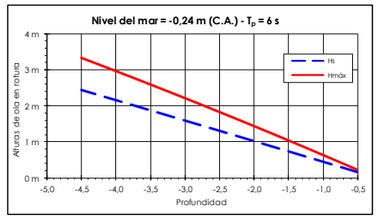


Figura 3.- Cálculo de las alturas significantes y máximas en rotura en la zona de proyecto, Tp=6 s (Fuente: elaboración propia).

6.2 ESTABILIDAD HIDRÁULICA DEL MANTO EXTERIOR DE PROTECCIÓN

6.2.1 OBLICUIDAD Y REBASABILIDAD

A efectos del cálculo del tamaño de las piezas del manto exterior, se ha considerado que el oleaje incide perpendicularmente a la mota (es decir, sin oblicuidad) y que la mota es irrebasable, lo cual es conservador y deja los resultados por encima del lado de la seguridad.

6.2.2 FORMULACIONES DE VAN DER MEER Y DE VAN DEL MEER & VAN GENT

Como se verá en las siguientes secciones, para el cálculo de los pesos del manto exterior de la mota se utilizarán las fórmulas de Van der Meer-Van Gent para "aguas someras" ("*shallow water*" en inglés) y la

de Van der Meer (1988) para "aguas profundas" ("*deep water*" en inglés). Las condiciones de aplicabilidad se muestran esquematizadas en la siguiente figura.

	Water depth characterisation		
Item	**Very shallow water**	**Shallow water**	**Deep water**
Parameter: Relative water depth at the toe: $h/H_{s\text{-}toe}$ Wave height ratio, $R_H = H_{s\text{-}toe}/H_{so}$	≈1.5 – ≈2 < 70%	< 3 70% < R_H < 90%	> 3 > 90%
Stability formulae: Van der Meer – deep water, Equation nos 5.136 and 5.137 Van der Meer – shallow water Equation nos 5.139 and 5.140			

Figura 4.- Rangos de aplicabilidad de las formulaciones de Van der Meer -Van Gent para "aguas someras" y de Van der Meer para "aguas profundas". Fuente: CIRIA/CUR/CETMEF

La fórmula de Van der Meer-Van Gent cumple con la condición $H_{s\text{-}pie}/H_{so}$<70% pero no cumple con la condición $h/H_{s\text{-}pie}$ <3., sucediendo lo opuesto en el caso de la fórmula de Van der Meer para aguas profundas, por lo que se analizarán los resultados que se obtengan con ambas fórmulas.

6.2.3 Descripción de las fórmulas de Van der Meer ("aguas someras") y de Van del Meer & Van Gent)"aguas profundas")

La 2ª Comisión sobre oleaje de la PIANC (1976) presentó la siguiente expresión general adimensional para el dimensionamiento de los mantos de los diques en talud

$$\frac{M\cdot\left(\frac{\rho_s}{\rho_w}-1\right)^3}{H^3_{cálculo}\cdot\rho_s}=f(\alpha)$$

siendo

- ρ_s la densidad del material del cual están constituidos los bloques de protección,
- ρ_w la densidad del agua,
- $H_{cálculo}$ la altura de ola de diseño,
- M la masa de los bloques de protección y
- f(α) una función que depende del ángulo del talud con la horizontal (□), del tipo de bloques y de su disposición geométrica.

Esta expresión puede reescribirse como

$$M=\frac{\rho_s\cdot H^3_{cálculo}}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w}-1\right)^3\cdot N_s^3}=\frac{\rho_s\cdot H^3_{cálculo}}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w}-1\right)^3 K_D\cdot\cot\alpha}=\frac{\rho_s\cdot H^3_{cálculo}\cdot\psi}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w}-1\right)^3}$$

donde

- N_s es el número de estabilidad,
- ψ es la función de estabilidad,
- K_D es el coeficiente de estabilidad.

En el caso de que el manto exterior de diques no rebasables esté formado por cantos de escollera existen varias formulaciones para la obtención de los parámetros que intervienen en la expresión de cálculo: la de Hudson, la de Van der Meer y la de Losada.

La formulación de Hudson es la más antigua y sencilla ya que establece un valor fijo para K_D. En la edición de 1984, el *Shore Protection Manual* (SPM) establece para mantos exteriores formados por dos capas de bloques de escollera rugosa y angulada colocada aleatoriamente un valor K_D = 2,0 si el oleaje de cálculo rompe justo en frente del dique o ya ha roto antes debido al fondo y K_D = 4,0 si el oleaje de cálculo no rompe antes de llegar al dique. Además el SPM recomienda que para la utilización de la fórmula en lugar de H_s=$H_{1/3}$ se emplee $H_{1/10}$, definida como el promedio del 1/10 de olas más altas, que para una distribución de oleaje tipo Rayleigh es igual a 1,27·H_s, teniendo en cuenta la limitación de las alturas de ola por rotura.

Frente a su simplicidad esta formulación presenta una serie de inconvenientes entre los que se puede citar:

- potenciales efectos de escala ya que la escala de los ensayos a partir de la cual se dedujo era pequeña,
- el uso solamente de oleaje regular,
- la no inclusión del período del oleaje o la duración de la tormenta,
- la no descripción de un nivel de daños,
- el uso exclusivo de estructuras no rebasables con núcleo permeable.

Es válida para diques con cualquier pendiente y manto exterior formado por dos capas de bloques y va asociada a un nivel de daños D = 0-5 % conocido como "criterio de no-daños". Dadas sus limitaciones no se ha empleado en este proyecto.

La formulación de Van der Meer (1988) es mucho más reciente y cubre todos los defectos expuestos anteriormente. Fue obtenida a partir de una extensa serie de ensayos a escala que incluían gran variedad de condiciones de oleaje y de características de los diques, distinguiendo entre aguas profundas y aguas poco profundas *(shallow waters)*.

El número de estabilidad N_s [4]viene definido por las siguientes expresiones:

Para olas en rotura tipo "*plunging*"

$$N_s = c_{pl} \cdot P^{0,18} \cdot \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0,2} \cdot \xi^{-0,5}$$

Para olas en rotura tipo "*surging*"

$$N_s = Cs \cdot P^{-0,13} \cdot \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0,2} \cdot \sqrt{\cot\alpha} \cdot \xi_z^P \qquad N_s = c_s \cdot P^{-0,13} \cdot \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0,2} \cdot \sqrt{cot\alpha} \cdot \xi^P$$

donde

- P es la permeabilidad del dique. Dada la disposición prevista para los mantos (con núcleo y capa filtro) el valor de P escogido ha sido 0,4.
- S_d es el nivel de daños, definido como el cociente entre el área transversal erosionada y el cuadrado del lado equivalente del bloque, definido como $D_{50} = (M/\rho_s)^{1/3}$. Los valores establecidos por Van der Meer para S_d se muestran en la tabla siguiente para los siguientes criterios de daños:
  - Inicio de Averías (IA): se alcanza cuando un número determinado de piezas de la capa exterior del manto principal se desplaza de su posición original una distancia igual o mayor que un diámetro, y la citada capa comienza a mostrar claramente huecos de un tamaño superior al tamaño medio del poro.
  - Avería de Iribarren (AI): se alcanza cuando el área dañada de la capa exterior del manto principal es tal que el flujo actúa directamente sobre las piezas de la capa interior de dicho manto, cuyas piezas pueden, por lo tanto, ser extraídas.
  - Inicio de Destrucción o Rotura (ID): se alcanza cuando un número determinado de piezas de la capa interior del manto principal han sido extraídas y esta capa interior presenta Inicio de Averías.

[4] En el caso de la fórmula de "aguas profundas" para el cálculo de N_s se emplea como descriptor de la altura de ola el parámetro H_s (altura de ola significante), mientras que en el caso de la fórmula de "aguas someras" se emplea el parámetro $H_{2\%}$ (es decir, aquella excedida por el 2 % de las olas dentro de un estado de mar)

Tabla 10.- Valores de diseño del parámetro S_d. Fuente: Marciglob

Pendiente	Inicio de averías	Daños intermedios	Inicio de destrucción
1V:1,5H	2	3 - 5	8
1V:2H	2	4 - 6	8
1V:3H	2	6 - 9	12
1V:4H	3	8 - 12	17
1V:6H	3	8 - 12	17

- N es el número de olas a las cuales estará sometido el dique durante la tormenta de cálculo. En principio se debería considerar la misma duración que la de los estados de mar que se emplearon en el cálculo del régimen extremal, es decir, 3 horas. No obstante teniendo en cuenta las fuertes condiciones de rotura es posible que el estado de mar anterior o posterior también esté asociado a una altura $H_{s,0}$ que en rotura coincida con la de diseño. Por todo ello se ha considerado una duración del oleaje de diseño de 6 horas y a partir de este valor se ha calculado el número de olas dividiéndola por el período medio del oleaje ($T_z = T_p/1,15$).
- α es el ángulo que forma el talud con la horizontal. Se ha considerado un talud 1V:1,5H, es decir, con $\cot\alpha = 1,5$.
- ξ es el parámetro de "*surf similarity*", también conocido como parámetro de Iribarren, y que viene definido por

$$\xi = \frac{tan\alpha}{\sqrt{s}} = \frac{tan\alpha}{\sqrt{\frac{2\pi H_s}{gT^2}}}$$

  En el caso de la fórmula de "aguas profundas" el período empleado es el medio ($T_z = T_m$), mientras que en la fórmula de "aguas someras" se emplea el período medio energético $T_{m-1,0}$, que puede ser relacionado con el periodo pico Tp mediante la relación $T_{m-1,0} = T_p/1,10$.

El paso de rotura tipo "*plunging*" a tipo "*surging*" viene dado por la expresión:

$$\xi_{cr} = \left(6,2 \cdot P^{0,31} \cdot \sqrt{\tan\alpha}\right)^{\frac{1}{P+0,5}}$$

Si $\xi < \xi_{cr}$ la rotura será de tipo "*plunging*" y en caso contrario "*surging*".

Para $\xi = \xi_{cr}$ el número de estabilidad N_s es el mínimo y por tanto la masa de bloques necesaria es máxima. Por tanto si el período del oleaje para el cual $\xi = \xi_{cr}$ entra dentro de los valores compatibles con la altura de ola es el que debe utilizarse.

6.2.4 CÁLCULO REALIZADO CON LA FORMULACIÓN DE VAN DER MEER – VAN GENT

En esta sección se realizan los cálculos con la formulación de Van der Meer-Van Gent. Cuyas expresiones se muestran a continuación para oleajes tipo "plunging" y "surging:

Plunging ($\xi_{s-1,o} < \xi_{crit}$):

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = c_{pl}\, P^{0.18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0.2} \left(\frac{H_s}{H_{2\%}}\right) \left(\xi_{s-1,0}\right)^{-0.5}$$

Surging ($\xi_{s-1,o} >= \xi_{crit}$):

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = c_s\, P^{-0.13} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0.2} \left(\frac{H_s}{H_{2\%}}\right) \sqrt{\cot\alpha}\, \left(\xi_{s-1,0}\right)^{P}$$

donde:

- N: número de olas incidentes.
- H_s: altura de ola significante a pie de estructura (en este caso H_{sr}).
- $H_{2\%}$: altura de ola superada por el 2% de las olas a pie de obras.
- $\xi_{m-1,0}$: Parámetro de Iribarren calculado con $T_{m-1,0}$.
- $T_{m-1,0}$: Período medio espectral-
- α: pendiente en grados.
- ρ: densidad relativa ().
- P: permeabilidad nocional (0.1<=P<=0.6, ver Figura 5.-).

El valor de ξ_{crit} se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\xi_{cr} = \left[\frac{c_{pl}}{c_s} P^{0.31} \sqrt{\tan\alpha}\right]^{\frac{1}{P+0.5}}$$

Los valores de los coeficientes *plunging* y *surging* (c_{pl} y c_s) han sido aquellos asociados a un percentil del 5% (μ -1,65 σ):

- c_{pl} = 7,25
- c_s= 1,05

Se ha considerado una relación $T_p/T_{m-1,o}$=1,1. Los cálculos se han realizado para la zona más desfavorable, que es la zona 4, y el resumen de resultados se muestra en las siguientes tablas.

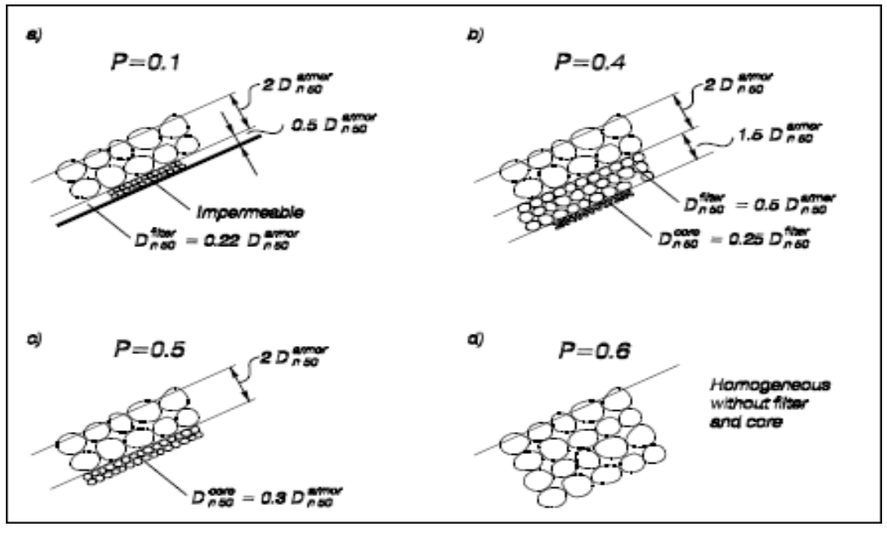


Figura 5.- Permeabilidad nocional. Fuente: Van deer Meer.

Los valores de los coeficientes *plunging* y *surging* (c_{pl} y c_s) han sido aquellos asociados a un percentil del 5 % (μ - 1,65 σ, donde μ representa el valor medio y σ la desviación típica), es decir, que en un 95% de los casos los coeficientes tomarán valores mayores a los considerados:

- c_{pl} = 7,25
- c_s= 1,05

Los cálculos se han realizado para la zona más desfavorable, que es la zona 4. Tal como se ha comentado, para el cálculo de N_s esta formulación emplea como descriptor de la altura de ola el valor $H_{2\%}$ y para su cálculo se ha utilizado la aproximación de Battjes&Groenendijk (2000), (ver 3ª columna de la Figura 6.-).

El cálculo de los pesos de las piezas de escollera y los resultados obtenidos se muestran en la Figura 6.-

Cálculo de la estabilidad de bloques irregulares de escollera. Protección desembocadura estanque del Remolar

MARCIGLOB Maritime & Civil Global Consultancy Solutions

Formulación de Van der Meer (2007) para diques no rebasables (aguas someras)

Cota de coronación : 2,60 Niveles de mar : +0,74 +0,19 -0,24

Oblicuidad, β : 0º
c_β : 0,42

Densidad del agua (t/m^3) : 1,025

h(m)	H_s (m)	$H_{2\%}$ (m)	T_z (s)	S_z	cotα	γ_s	ξ_z	S_d	N	Duración(h)	P	cpl	cs	ξ_{cr}	N_s	K_d	r_D		Δ	Hs/(ΔDn50)	γ_β	M(T)	M morro (T)
-1,0	1,00	1,25	6,0	0,0178	1,50	2,65	5,00	2,0	3600	6,0	0,10	7,25	1,05	4,54	1,376	1,74	0,92	SURGING WAVES	1,59	0,83	1,00	1,17	1,76
-1,0	1,00	1,25	6,5	0,0152	1,50	2,65	5,41	2,0	3323	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,261	1,34	0,91	PLUNGING WAVES	1,59	0,84	1,00	1,11	1,66
-1,0	1,00	1,25	7,0	0,0131	1,50	2,65	5,83	2,0	3086	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,419	1,91	0,90	SURGING WAVES	1,59	0,85	1,00	1,07	1,60
-1,0	1,00	1,25	7,5	0,0114	1,50	2,65	6,25	2,0	2880	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,439	1,99	0,90	SURGING WAVES	1,59	0,87	1,00	1,02	1,54
-1,0	1,00	1,25	8,0	0,0100	1,50	2,65	6,66	2,0	2700	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,458	2,06	0,89	SURGING WAVES	1,59	0,88	1,00	0,99	1,48
-1,0	1,00	1,25	8,5	0,0089	1,50	2,65	7,08	2,0	2541	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,475	2,14	0,88	SURGING WAVES	1,59	0,89	1,00	0,95	1,43
-1,0	1,00	1,25	9,0	0,0079	1,50	2,65	7,50	2,0	2400	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,492	2,22	0,88	SURGING WAVES	1,59	0,90	1,00	0,92	1,38
-1,0	1,00	1,25	9,5	0,0071	1,50	2,65	7,91	2,0	2274	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,508	2,29	0,87	SURGING WAVES	1,59	0,91	1,00	0,89	1,33
-1,0	1,00	1,25	10,0	0,0064	1,50	2,65	8,33	2,0	2160	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,524	2,36	0,87	SURGING WAVES	1,59	0,92	1,00	0,86	1,29
-1,0	0,69	0,82	6,0	0,0123	1,50	2,65	6,02	2,0	3600	6,0	0,10	7,25	1,05	4,54	1,402	1,84	0,96	SURGING WAVES	1,59	0,88	1,00	0,32	0,48
-1,0	0,69	0,82	6,5	0,0105	1,50	2,65	6,52	2,0	3323	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,424	1,93	0,94	SURGING WAVES	1,59	0,89	1,00	0,30	0,46
-1,0	0,69	0,82	7,0	0,0090	1,50	2,65	7,02	2,0	3086	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,446	2,01	0,93	SURGING WAVES	1,59	0,91	1,00	0,29	0,44
-1,0	0,69	0,82	7,5	0,0079	1,50	2,65	7,52	2,0	2880	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,466	2,10	0,92	SURGING WAVES	1,59	0,92	1,00	0,28	0,42
-1,0	0,69	0,82	8,0	0,0069	1,50	2,65	8,02	2,0	2700	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,485	2,18	0,91	SURGING WAVES	1,59	0,93	1,00	0,27	0,40
-1,0	0,69	0,82	8,5	0,0061	1,50	2,65	8,52	2,0	2541	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,503	2,26	0,90	SURGING WAVES	1,59	0,94	1,00	0,26	0,39
-1,0	0,69	0,82	9,0	0,0055	1,50	2,65	9,03	2,0	2400	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,520	2,34	0,90	SURGING WAVES	1,59	0,96	1,00	0,25	0,38
-1,0	0,69	0,82	9,5	0,0049	1,50	2,65	9,53	2,0	2274	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,537	2,42	0,89	SURGING WAVES	1,59	0,97	1,00	0,24	0,36
-1,0	0,69	0,82	10,0	0,0044	1,50	2,65	10,03	2,0	2160	6,0	0,10	7,25	1,05	4,54	1,553	2,50	0,89	SURGING WAVES	1,59	0,98	1,00	0,24	0,35
-1,0	0,44	0,51	6,0	0,0078	1,50	2,65	7,53	2,0	3600	6,0	0,10	7,25	1,05	4,54	1,434	1,96	1,00	SURGING WAVES	1,59	0,93	1,00	0,07	0,10
-1,0	0,44	0,51	6,5	0,0067	1,50	2,65	8,16	2,0	3323	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,457	2,06	0,99	SURGING WAVES	1,59	0,95	1,00	0,07	0,10
-1,0	0,44	0,51	7,0	0,0058	1,50	2,65	8,79	2,0	3086	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,479	2,16	0,97	SURGING WAVES	1,59	0,96	1,00	0,06	0,10
-1,0	0,44	0,51	7,5	0,0050	1,50	2,65	9,42	2,0	2880	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,499	2,25	0,96	SURGING WAVES	1,59	0,98	1,00	0,06	0,09
-1,0	0,44	0,51	8,0	0,0044	1,50	2,65	10,05	2,0	2700	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,519	2,33	0,94	SURGING WAVES	1,59	0,99	1,00	0,06	0,09
-1,0	0,44	0,51	8,5	0,0039	1,50	2,65	10,67	2,0	2541	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,537	2,42	0,93	SURGING WAVES	1,59	1,00	1,00	0,06	0,09
-1,0	0,44	0,51	9,0	0,0035	1,50	2,65	11,30	2,0	2400	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,555	2,51	0,93	SURGING WAVES	1,59	1,01	1,00	0,05	0,08
-1,0	0,44	0,51	9,5	0,0031	1,50	2,65	11,93	2,0	2274	6,0	0,10	7,25	1,05	5,43	1,572	2,59	0,92	SURGING WAVES	1,59	1,02	1,00	0,05	0,08
-1,0	0,44	0,51	10,0	0,0028	1,50	2,65	12,56	2,0	2160	6,0	0,10	7,25	1,05	4,54	1,588	2,67	0,91	SURGING WAVES	1,59	1,03	1,00	0,05	0,08

Variación de M en función del período del oleaje (talud 1/1,5)

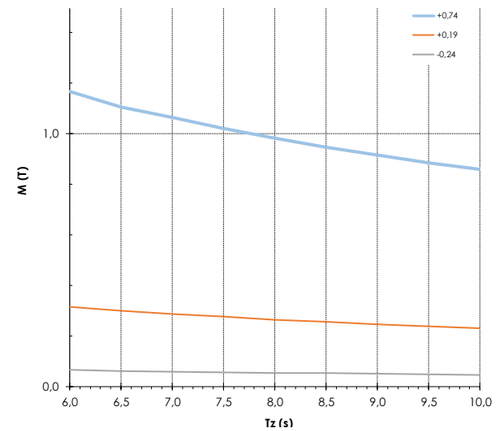


Figura 6.- Cálculo de la masa de los bloques de escollera para un talud 1V:1,5V . No rebasable, sin oblicuidad. Van der Meer-Van Gent "aguas someras". Fuente: Marciglob

La siguiente tabla resume las masas necesarias para el espigón (considerada no rebasable) obtenidas con la formulación utilizada en esta sección:

Tabla 11.- Masa de los bloques de escollera de talud considerado no rebasable. Formulación de Van der Meer-Van Gent ("aguas someras"). Fuente: Marciglob

	Pesos (t), talud 1V:1,5H. Dique no rebasable..		
Nivel	**Nmax**	**Nmed**	**Nmin**
Tronco	1,2 t	0,8 t	0,1 t
Morro	-	-	-

Considerando los bajos valores obtenidos, y las cotas del dique y la altura de ola de diseño, se utilizarán los pesos para dique no rebasable, con un peso único de 1,2 t.

7. PROFUNDIDAD DE ANCLAJE DE LOS PILONES DE LA EMPALIZADA DE MADERA

La empalizada de madera tiene como función evitar el ingreso del remonte en el canal de salida del Remolar, siendo la altura desde la arena de la empalizada de proyecto de 1 metro aproximadamente.

Para este tipo de empalizadas y otras parecidas con la altura mencionada colocadas directamente sobre el terreno son cimentación es práctica habitual considerar un empotramiento según la siguiente regla empírica:

Longitud total del poste=1/3 por debajo del suelo + 2/3 por encima del suelo

Lo que da lugar a un empotramiento de 0,5 metros para 1 m de altura (ver ejemplo en la siguiente figura). Teniendo en cuenta que la zona está expuesta a la acción del remonte en episodios de temporal de oleaje y que está junto al canal de salida del Remolar que a su vez puede sufrir erosiones en sus márgenes en episodios de grandes lluvias, el caso de este proyecto se considerará un margen adicional de 1 m para posibles variaciones de la cota de la arena, es decir, un empotramiento o profundidad de anclaje total de 1,5 m

Figura 7.- . Ejemplo de profundidades habituales de anclado/empotrado de postes de cercas de madera en zonas de playa. Fuente: Fitoforestal

8. MODOS DE FALLO GEOTÉCNICOS

En esta fase de proyecto no se dispone de información geotécnica que permita realizar análisis de este tipo.

ANNEX Nº 6. PROGRAMA DE TREBALLS

B	12-12-24	Emissió per a Comentaris del Client	JIM	JEG	JEG
A	10-12-24	Emissió per a Comentaris Interns	JIM	JEG	JEG
Revisió	**Data**	**Descripció**	**Realitzat**	**Revisat**	**Aprovat**

ÍNDEX

1. METODOLOGIA SEGUIDA 1
2. CRONOGRAMA DE TRABAJOS 1
3. PROCEDIMENTS CONSTRUCTIUS 1
3.1 EXECUCIÓ DE LA PROLONGACIÓ DE L'ESPIGÓ 1
3.2 CONSTRUCCIÓ DE LA PANTALLA DE FUSTA 2
3.3 CONDICIONAMENT DE LA MOTA DE PONENT 2
3.4 DURADES 3
4. ACCESOS 3

Apèndix 1. Cronograma dels Treballs

Índex de figures

Figura 1.- Cartell indicant les dates en què està prohibit l' accés. Font: Marciglob. 1
Figura 2.- Col·locació de filtre de geotèxtil sobre escullera sense classificar en un espigó en aigües someres. Font:: Marciglob. 1
Figura 3.- Exemple de col·locació de pantalla i pilots mitjançant excavació en rasa 2
Figura 4.- Exemple de col·locació de pantalla i pilots mitjançant clava d'aquests últims 2
Figura 5.- Exemple d'unions cargolades 2
Figura 6.- Restes de materials de construcció a la mota de ponent. Font: Marciglob 2
Figura 7.- Restes de materials de construcció a la mota de ponent. Font: Marciglob 3
Figura 8.- Exemples de cribratge de sorres 3
Figura 9.- Porta d´Accés des de Viladecans). Font: Marciglob 4
Figura 10.- Recorregut de l'accés des de Viladecans. Font: Marciglob. 4
Figura 11.- Accés des de El Prat . Font: Marciglob. 4
Figura 12.- Recorregut de l'accés des de El Prat pel Passeig. Font: Marciglob. 4
Figura 13.- Porta d`accés des de El Prat a través de la base aèria. Font: Marciglob 5
Figura 14.- Recorregut d´accés a través de la base aèria). Font: Marciglob. 5

1. METODOLOGIA SEGUIDA

Per a l'elaboració del Programa de Treballs l'obra ha estat dividida en les activitats principals per a les quals s'ha definit una durada en funció dels procediments constructius previstos (veure apartat 3).

Els inicis o finals de les diferents activitats han estat relacionades entre si en funció del seu ordre lògic de desenvolupament. En particular es pot considerar quatre tipus de relacions temporals:

- CC (Començament – Començament): el començament de l'activitat A vincula el començament de l'activitat B.
- CF (Començament – Fi): el començament de l'activitat A vincula el final de l'activitat B.
- FC (Fi – Començament): el final de l'activitat A vincula el començament de l'activitat B (sol ser la més habitual)
- FF (Fin – Fi): el final de l'activitat A vincula el final de l'activitat B.

Aquestes relacions poden tenir una posposició (per exemple l'activitat B pot començar 5 dies abans del final de l'activitat A o per exemple l'activitat B pot començar 10 dies després del començament de l'activitat A).

Aquestes relacions es mostren a la 3ª columna del Diagrama de Gantt (vegeu Apèndix 1).

2. CRONOGRAMA DE TRABAJOS

A partir de les consideracions anteriors s' ha confeccionat mitjançant el programa Microsoft Project ® el Cronograma dels treballs en format de Diagrama Gantt o de barres i que es presenta a l' Apèndix 1. La durada dels treballs, sense comptar amb parades d'estiu o en època de prohibició a la zona (de l'1 de març al 31 de juliol, com es mostra a la Figura 1.-) és de **SET (7) SETMANES.**

Figura 1.- Cartell indicant les dates en què està prohibit l' accés. Font: Marciglob.

3. PROCEDIMENTS CONSTRUCTIUS

A continuació es detallen els procediments constructius i rendiments de les unitats d'obra més significatives (en pressupost i/o durada).

3.1 EXECUCIÓ DE LA PROLONGACIÓ DE L'ESPIGÓ

Els espigons s' executaran per mitjans terrestres. La maquinària que s' emprarà serà la següent:

- Camió/es de 24 tones per al transport d'escullera (i de 'sauló') des de la pedrera.
- Pala giratòria / retroexcavadora (o bé grua mòbil sobre cadenes) per a la col·locació dels cantells d'escullera classificada i per a l'excavació de la sorra i posterior recol·locació (veure exemple a la Figura 2.-).

El rendiment d'execució dels espigons dependrà del ritme de subministrament de l'escullera. S'ha considerat el rendiment següent:

$R_{pales\ mantell\ ext}$ = 1 viatge / 15 min x 24 t/viatge x 60 min/h = 96 t/h = 768 t/dia $1/R_{pales}$ = 0,0104 h/t

S'ha considerat que un 20 % del temps no es podrà treballar per condicions meteorològiques desfavorables (especialment marítimes), per la qual cosa els rendiments (llevat dels camions per al transport des de pedrera) han estat reduïts en aquest factor (és a dir, multiplicats per un factor f = 0,80).

Figura 2.- Col·locació de filtre de geotèxtil sobre escullera sense classificar en un espigó en aigües someres. Font:: Marciglob.

Cal aclarir que tota la sorra excavada serà recol·locada encara que una part del volum excavat hagi estat ocupat per l'espigó.

3.2 CONSTRUCCIÓ DE LA PANTALLA DE FUSTA

La construcció de la pantalla de fusta s' executarà en dues fases principals:

- Col·locació dels pilots de fusta, en rasa o clavats.
- Col·locació i fixació de les pantalles als pilots.

S' ha considerat un rendiment total de 6 metres per dia.

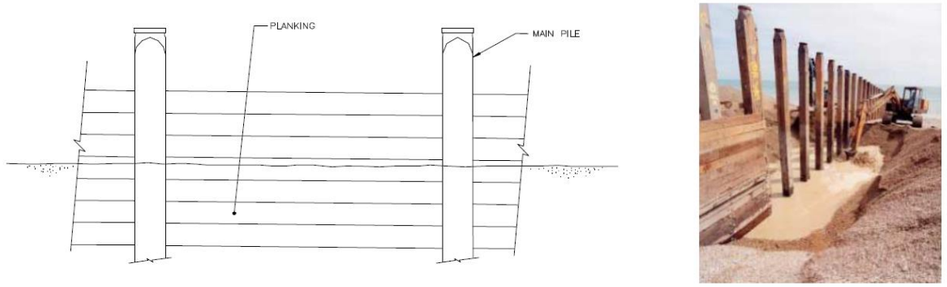


Figura 3.- Exemple de col·locació de pantalla i pilots mitjançant excavació en rasa

Figura 4.- Exemple de col·locació de pantalla i pilots mitjançant clava d'aquests últims

Figura 5.- Exemple d'unions cargolades

3.3 CONDICIONAMENT DE LA MOTA DE PONENT

Dins de l'objecte d'aquest projecte s'inclou també el condicionament de la mota de ponent consistent en la separació mitjançant cribratge de les restes de materials de construcció que s'han barrejat amb el material sorrenc existent (veure següents imatges):

Figura 6.- Restes de materials de construcció a la mota de ponent, setembre de 2024. Font: Marciglob

Figura 7.- Restes de materials de construcció a la mota de ponent, setembre de 2024. Font: Marciglob

Figura 8.- Exemples de cribratge de sorres

3.4 DURADES

Finalment les durades (en dies laborables) de cada activitat han estat obtingudes com a divisió entre els mesuraments i els rendiments mitjans.

A la Taula 1.- es resumeixen els mesuraments, rendiments i durades de les activitats considerades principals, amb un total de trenta cinc (35) dies, es a dir, cinc (5) setmanes.

Taula 1.- Amidaments, rendiments i durades de les activitats considerades principals. Font: Marciglob

	Amidament	Rendiment (m3/dia, t/dia, m/dia)	Durada (dies)
Implantació	-	-	5
Excavació (m3)	3.061	427	9
Escollera (t) i geotextil (*)	2.183	614	5
Reblert (m3)	3.061	800	4
Excavació, cribat de material i adequació de la mota de ponent (m3)	429	128	4
Construcció de pantalla (m)	40	6	7
Retirada i neteja	-	-	2

(*) S'afegeix 1 dia per a la col·locació del geotèxtil

4. ACCESOS

N'hi ha dos possibles accessos a la zona d'obra:

- Accés per Viladecans.
- Accés per El Prat.

L'accés des de Viladecans requereix creuar l'Estany del Remolar, i per tant la construcció d'un accés provisional sobre aquest amb tot-ú.

Ambdós accessos requereixen la construcció d'un camí de sauló sobre els trams de platja que s'utilitzin provisionalment.

Figura 9.- Porta d´Accés des de Viladecans). Font: Marciglob

Figura 10.- Recorregut de l'accés des de Viladecans. Font: Marciglob.

Figura 11.- Accés des de El Prat . Font: Marciglob.

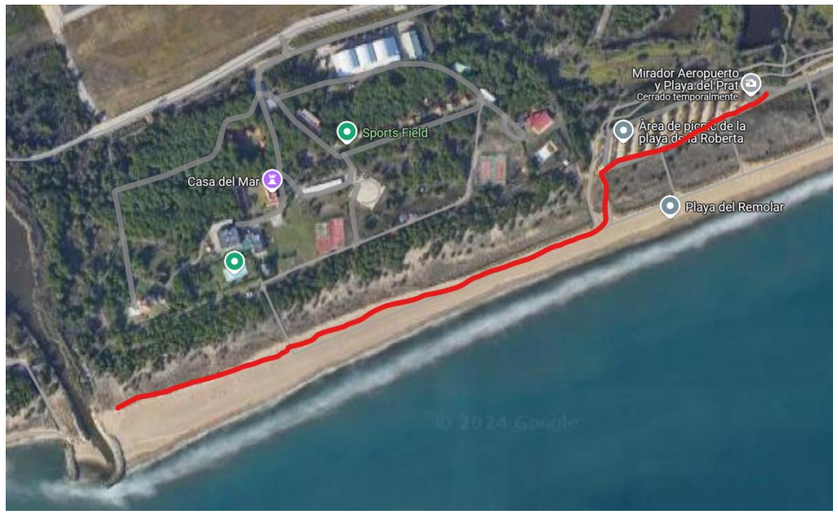


Figura 12.- Recorregut de l'accés des de El Prat pel Passeig. Font: Marciglob.

Figura 13.- Porta d`accés des de El Prat a través de la base aèria. Font: Marciglob

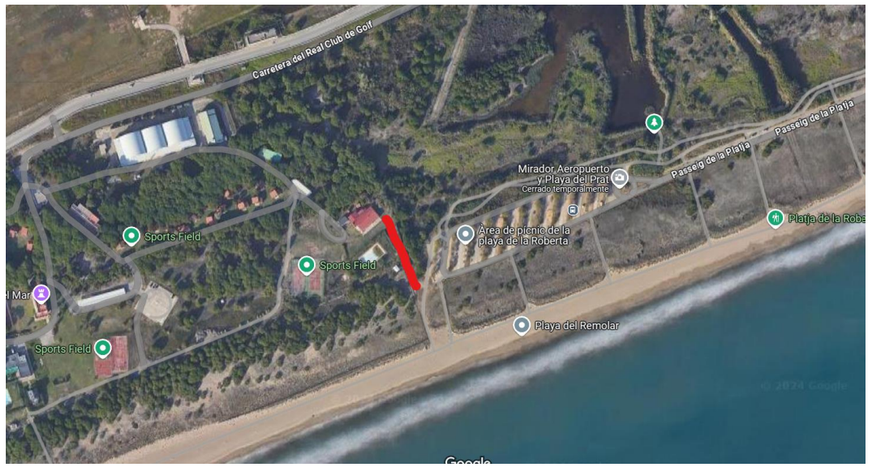
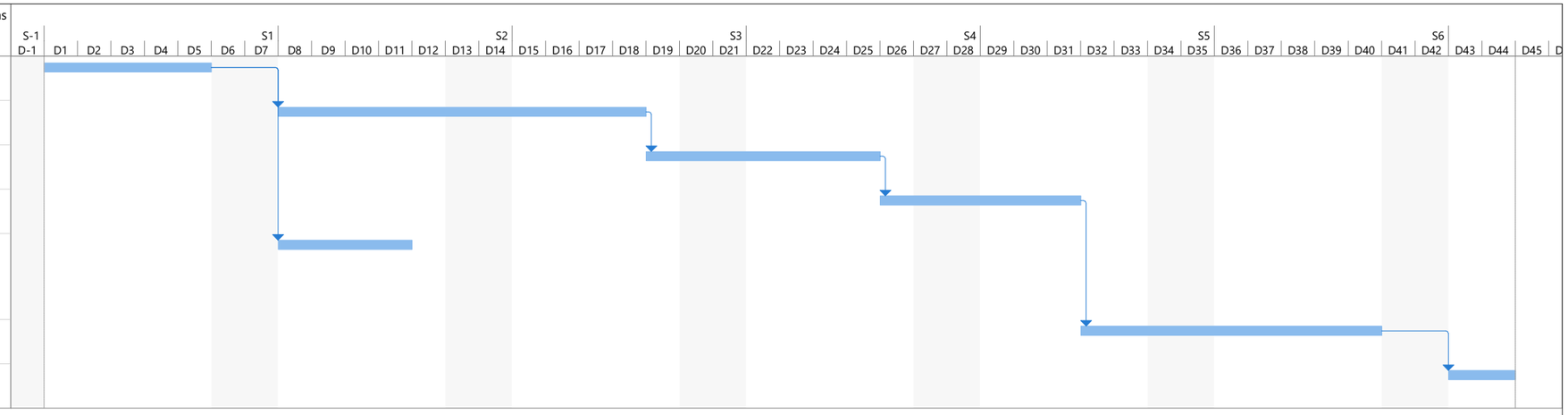


Figura 14.- Recorregut d´accés a través de la base aèria). Font: Marciglob.

APÈNDIX 1. CRONOGRAMA DELS TREBALLS

Id		Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras
1			Implantació	5 días	
2			Excavació de la sorra	9 días	1
3			Col·locació d'escullera	5 días	2
4			Reblert de la sorra excavada	4 días	3
5			Excavació, cribratge i recol.locació del material de la mota de ponent	4 días	1
6			Execució de la pantalla de fusta	7 días	4
7			Retirada i neteja	2 días	6



Proyecto: P2403-F2-A06-GANT
Fecha: jue 19/12/24

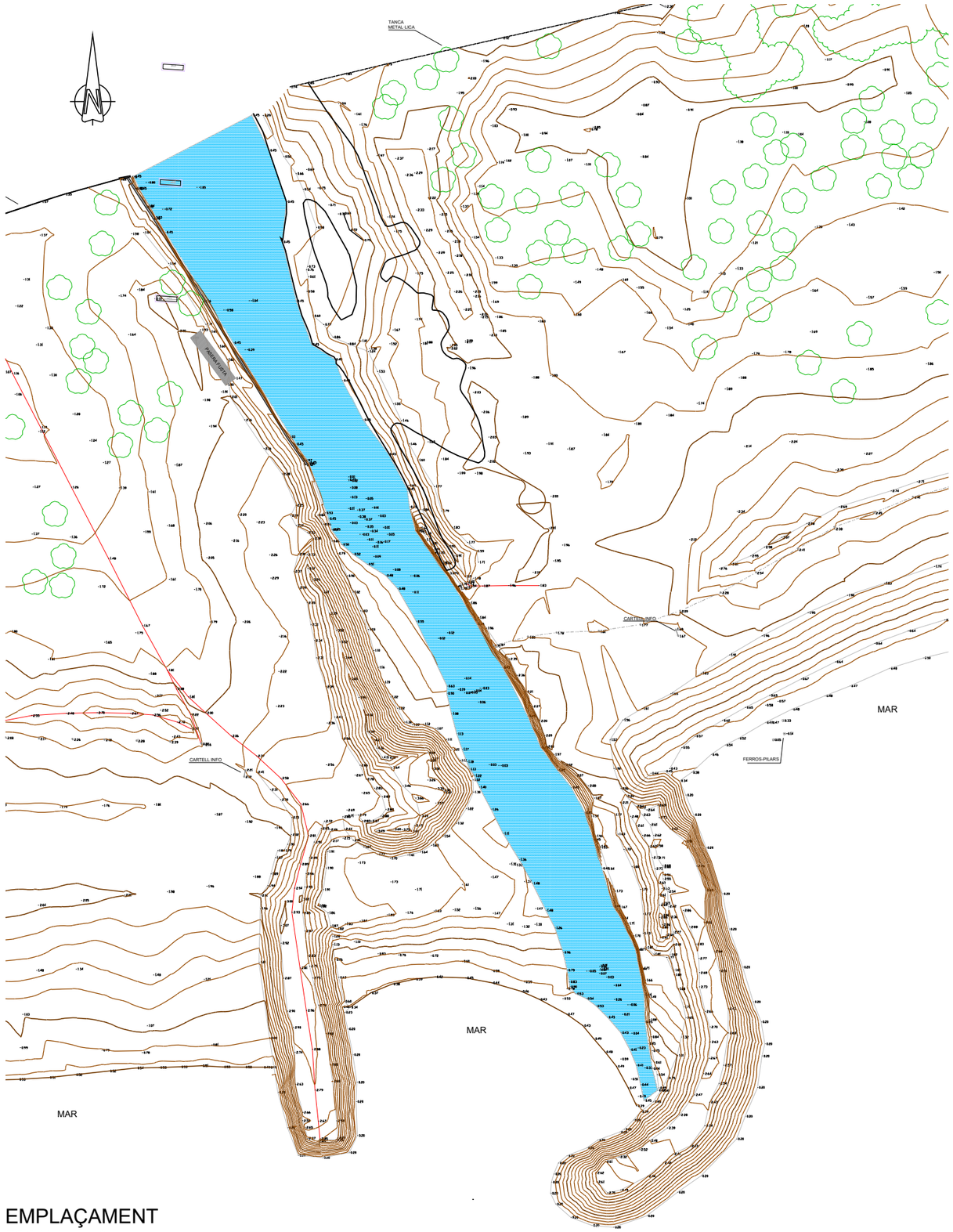
Tarea · Resumen · Hito inactivo · solo duración · solo el comienzo · Hito externo · Progreso manual
División · Resumen del proyecto · Resumen inactivo · Informe de resumen manual · solo fin · Fecha límite
Hito · Tarea inactiva · Tarea manual · Resumen manual · Tareas externas · Progreso

DOCUMENT Nº 2: PLÀNOLS

ÍNDEX DEL DOCUMENT Nº 2. PLÀNOLS

1. Situació i emplaçament.
2. Situació actual.
3. Planta d´ excavacions.
4. Planta de les obres i de relació amb el DPMT.
5. Situació de seccions tipus.
6. Seccions tipus.
7. Perfils d´amidament (espigó i excavacions/reblerts a la platja)
8. Adequació de la mota de ponent (planta d´obres i perfils d´amidament).

.



EMPLAÇAMENT

ESCALA 1:750

NOTA: COTES EN METROS. NIVEL DE REFERENCIA: C.A.

PLANTA SITUACIÓ

ESCALA 1:250.000

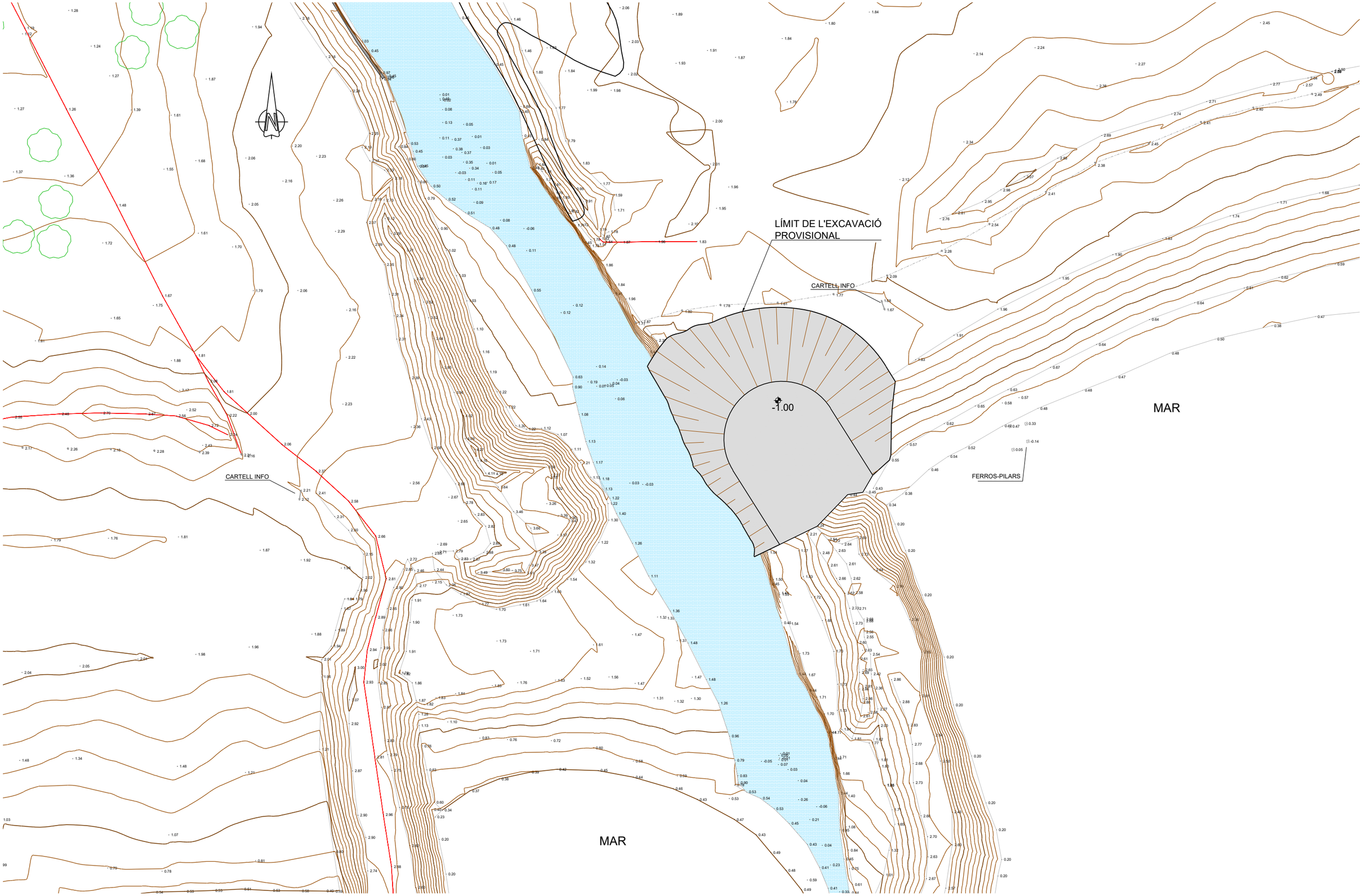
1-Situacio.dwg

AMB	**Serveis del Cicle de l'Aigua** FERNANDO CABELLO	**Autoria** MARCIGLOB F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	**Expedient** 20-2024 PROJECTE BÀSIC	REDACCIÓ DEL PROJECT BÀSIC I ESTUDI D'ALTERNATIVES PER A LA MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Desembre 2024	**PROJECT BÀSIC** SITUACIÓ I EMPLAÇAMENT	**01** **V.01** 19/12/2024 A3 E: 1/750

NOTA: COTES EN METRES. NIVELL DE REFERÈNCIA: Z.A.

AMB	**Serveis del Cicle de l'Aigua** FERNANDO CABELLO	**Autoria** MARCIGLOB F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	**Expedient** 20-2024 PROJECTE BÀSIC	REDACCIÓ DEL PROJECT BÀSIC I ESTUDI D'ALTERNATIVES PER A LA MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Desembre 2024	**PROJECT BÀSIC** SITUACIÓ ACTUAL	**02** **V.01** 19/12/2024 A3 E: 1/750

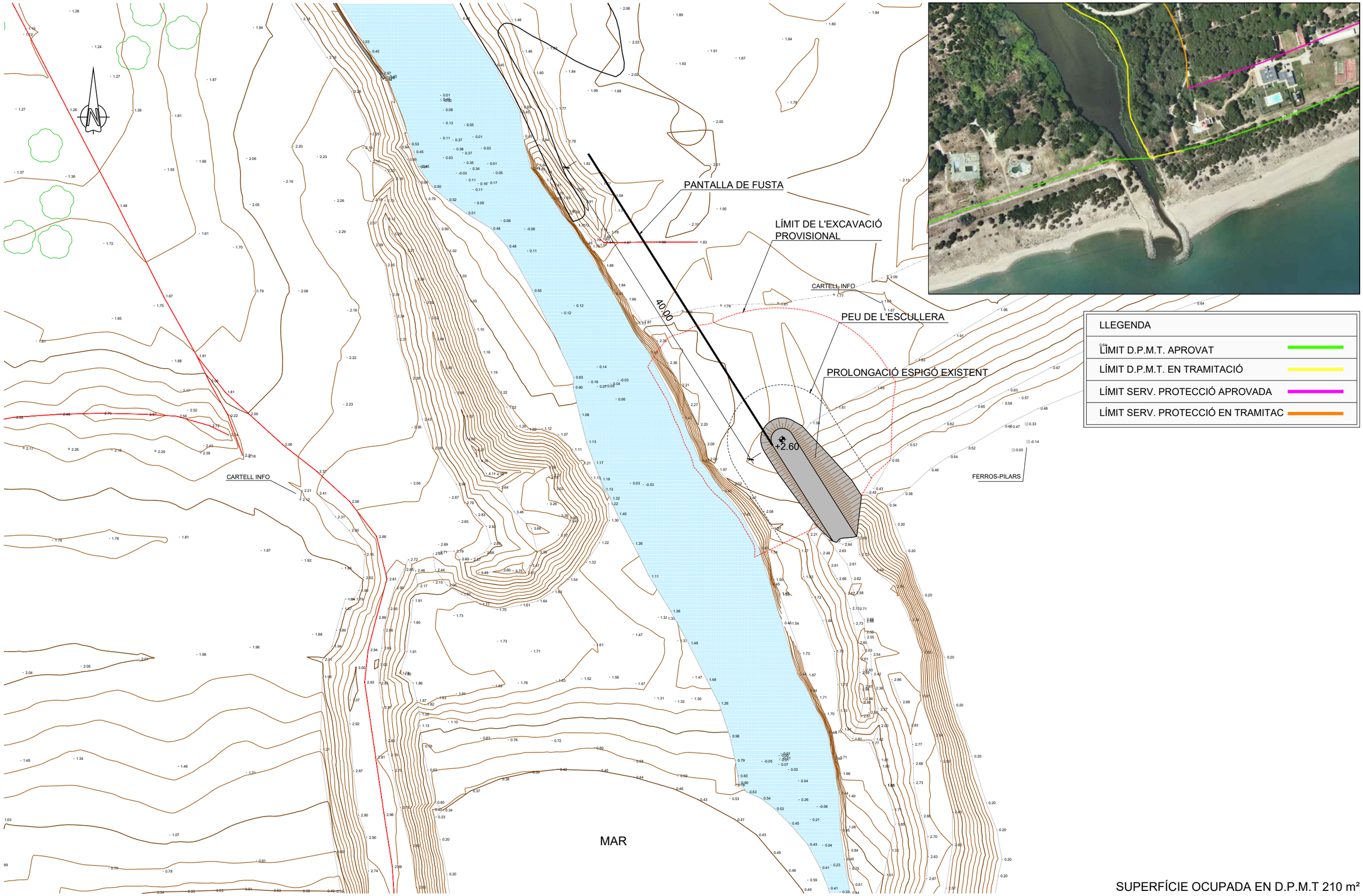
2-Situacio actual.dwg



NOTA: COTES EN METRES. NIVELL DE REFERÈNCIA: Z.A.

AMB	**Serveis del Cicle de l'Aigua** FERNANDO CABELLO	**Autoria** F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	**Expedient** 20-2024 PROJECTE BÀSIC	REDACCIÓ DEL PROJECT BÀSIC I ESTUDI D'ALTERNATIVES PER A LA MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Desembre 2024	**PROJECT BÀSIC** EXCAVACIONS	**03** **V.01** 19/12/2024 A3 E: 1/400

3-Excavacions.dwg



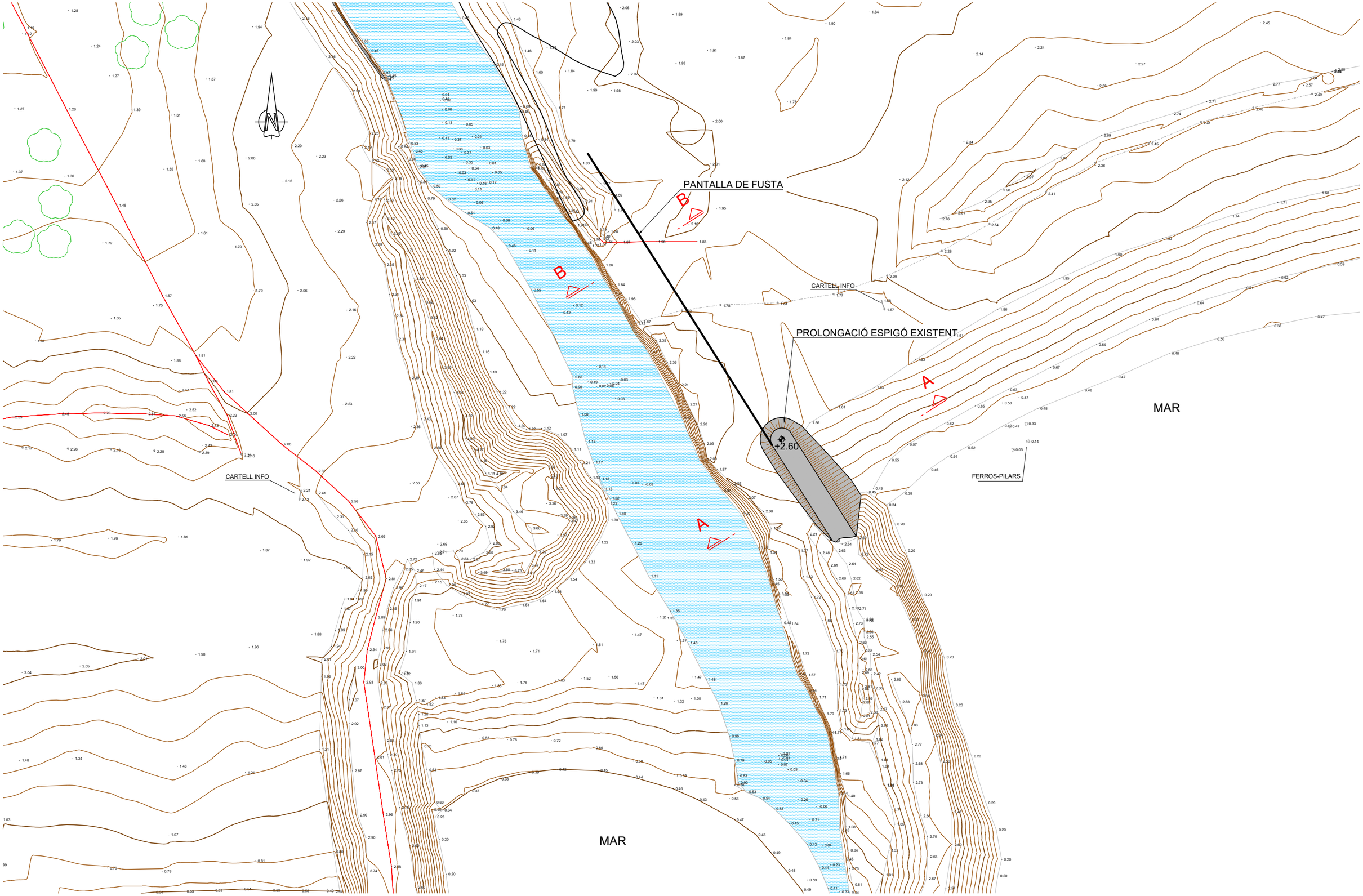
SUPERFÍCIE OCUPADA EN D.P.M.T 210 m²

NOTA: COTES EN METRES. NIVELL DE REFERÈNCIA: Z.A.

4-Planta de las obras.dwg

AMB

Serveis del Cicle de l'Aigua	Autoria	Expedient		PROJECT BÀSIC	04
FERNANDO CABELLO	F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	20-2024 PROJECTE BÀSIC	REDACCIÓ DEL PROJECT BÀSIC I ESTUDI D'ALTERNATIVES PER A LA MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Desembre 2024	PLANTA DE LES OBRES	V.01 19/12/2024 A3 E: 1/400

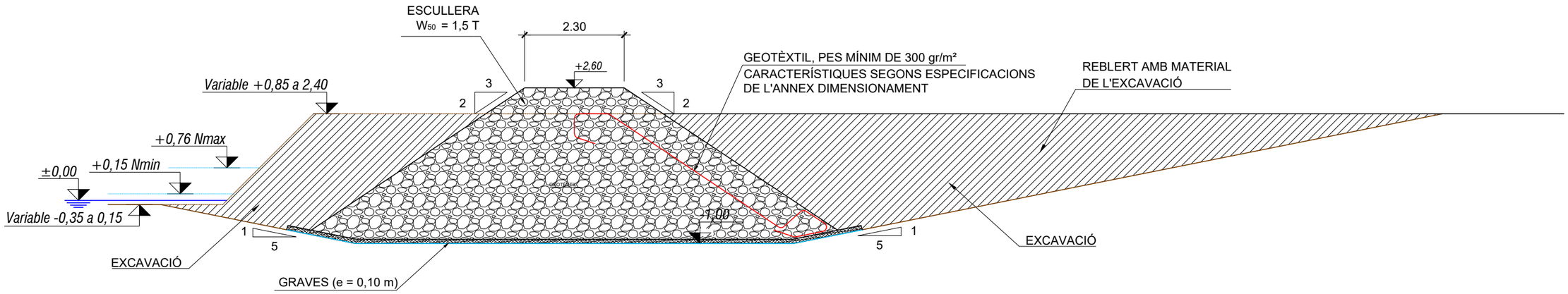


NOTA: COTES EN METRES. NIVELL DE REFERÈNCIA: Z.A.

AMB	**Serveis del Cicle de l'Aigua** FERNANDO CABELLO	**Autoria** F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	**Expedient** 20-2024 PROJECTE BÀSIC	REDACCIÓ DEL PROJECT BÀSIC I ESTUDI D'ALTERNATIVES PER A LA MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Desembre 2024	**PROJECT BÀSIC** SITUACIÓ DE SECCIONS TIPUS

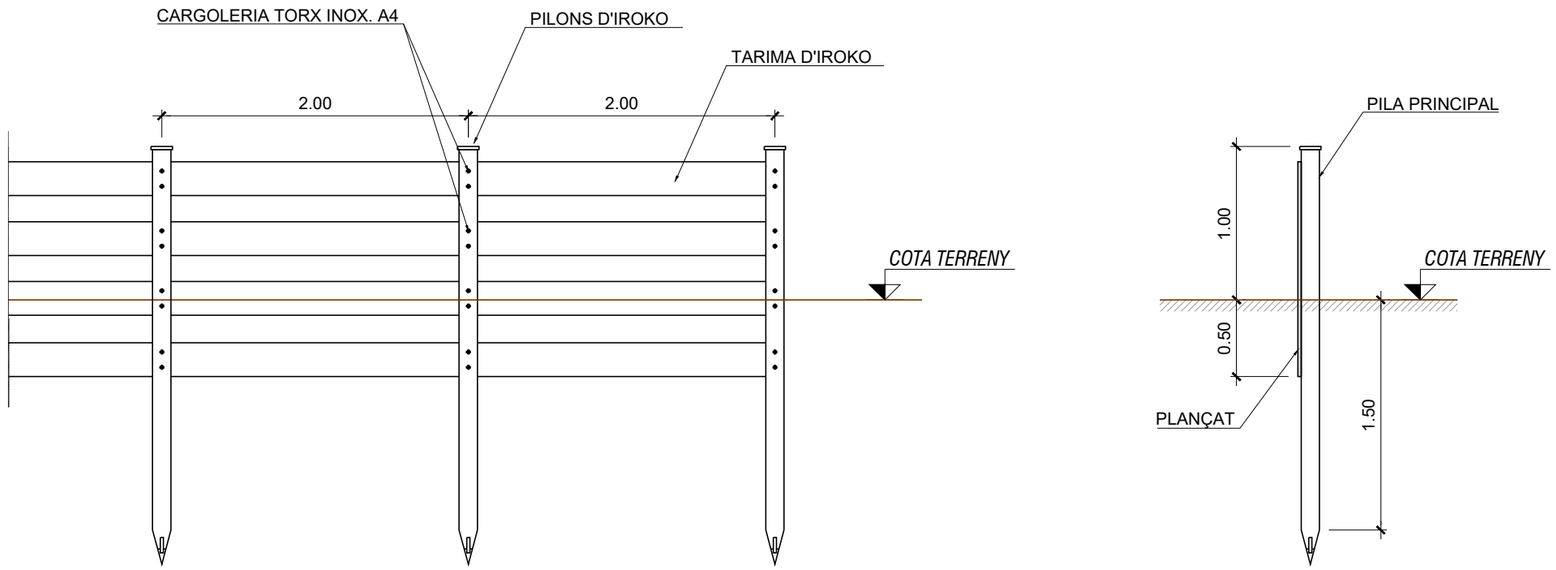
05
V.01 19/12/2024
A3 E: 1/400

5-Situacio de seccions tipus.dwg



SECCIÓ TIPUS A

ESCALA 1:100



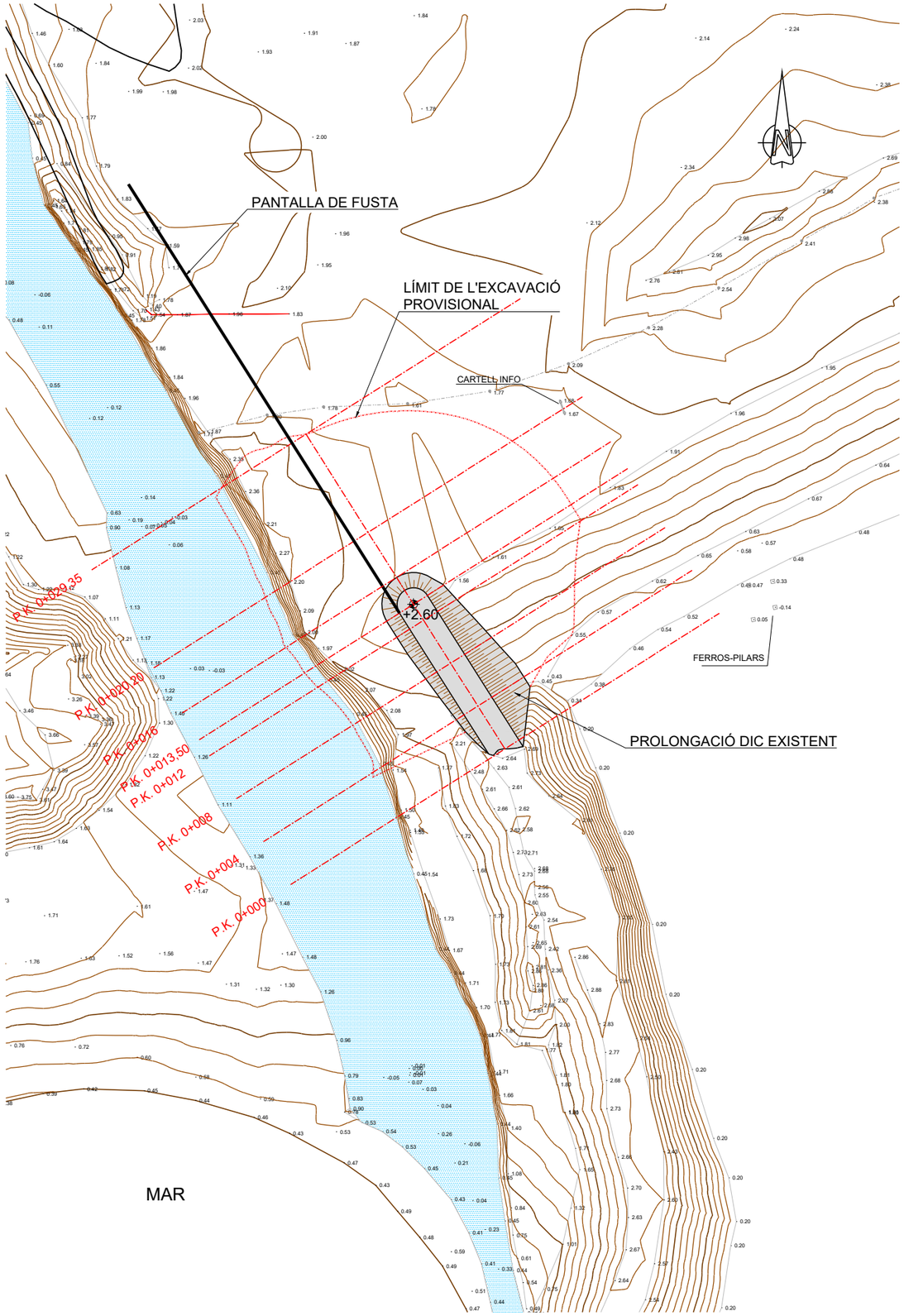
SECCIÓ TIPUS B

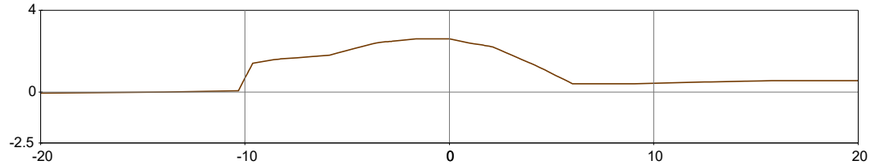
ESCALA 1:40

NOTA: COTES EN METRES. NIVELL DE REFERÈNCIA: Z.A.

AMB	**Serveis del Cicle de l'Aigua** FERNANDO CABELLO	**Autoria** F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	**Expedient** 20-2024 PROJECTE BÀSIC	REDACCIÓ DEL PROJECT BÀSIC I ESTUDI D'ALTERNATIVES PER A LA MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Desembre 2024	**PROJECTE BÀSIC** SECCIONS TIPUS	**06** **V.01** 19/12/2024 A3 E: 1/50

6-Secció tipus.dwg

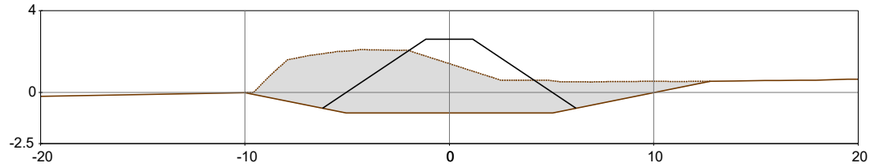




P.K.= 0+000
ESCALA 1:300

P.K.= 0+000

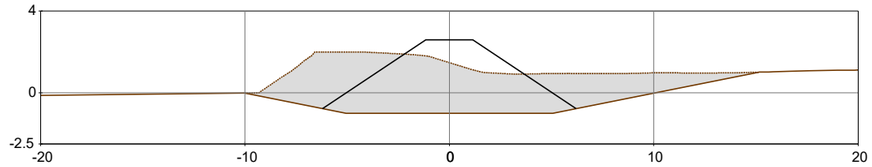
EXCAVACIÓ	0.00 m²
ESCULLERA	0.00 m²
REBLERT MATERIAL EXCAVACIÓ	0.00 m²



P.K.= 0+004
ESCALA 1:300

P.K.= 0+004

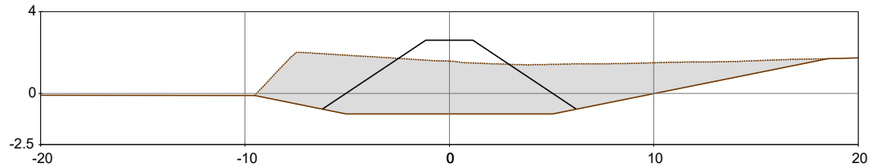
EXCAVACIÓ	38.90 m²
ESCULLERA	27.37 m²
REBLERT MATERIAL EXCAVACIÓ	17.34 m²



P.K.= 0+008
ESCALA 1:300

P.K.= 0+008

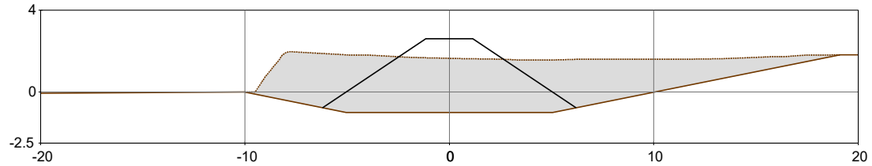
EXCAVACIÓ	42.62 m²
ESCULLERA	27.37 m²
REBLERT MATERIAL EXCAVACIÓ	20.23 m²



P.K.= 0+012
ESCALA 1:300

P.K.= 0+012

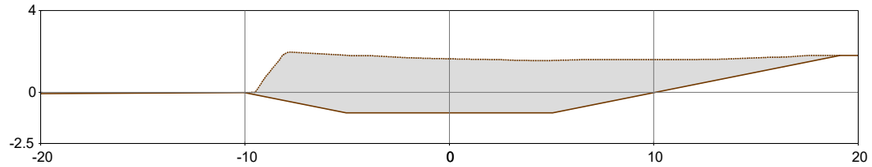
EXCAVACIÓ	51.32 m²
ESCULLERA	27.37 m²
REBLERT MATERIAL EXCAVACIÓ	27.98 m²



P.K.= 0+013,50
ESCALA 1:300

P.K.= 0+013.50

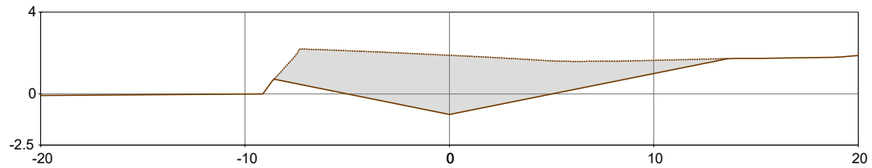
EXCAVACIÓ	54.10 m²
ESCULLERA	27.37 m²
REBLERT MATERIAL EXCAVACIÓ	30.27 m²



P.K.= 0+016,00
ESCALA 1:300

P.K.= 0+016.00

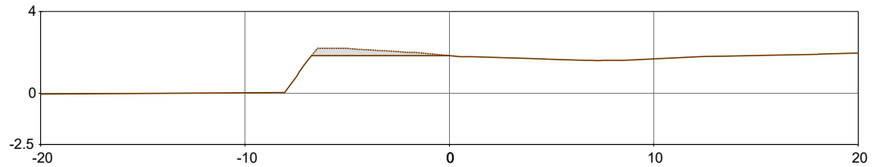
EXCAVACIÓ	54.10 m²
ESCULLERA	0.00 m²
REBLERT MATERIAL EXCAVACIÓ	54.10 m²



P.K.= 0+020,20
ESCALA 1:300

P.K.= 0+020.20

EXCAVACIÓ	36.00 m²
ESCULLERA	0.00 m²
REBLERT MATERIAL EXCAVACIÓ	36.00 m²



P.K.= 0+029,35
ESCALA 1:300

P.K.= 0+029.35

EXCAVACIÓ	1.49 m²
ESCULLERA	0.00 m²
REBLERT MATERIAL EXCAVACIÓ	1.49 m²

NOTA: COTES EN METRES. NIVELL DE REFERÈNCIA: Z.A.

7-Perfiles prolongacion dique existente.dwg

AMB

Serveis del Cicle de l'Aigua	Autoria	Expedient 20-2024	REDACCIÓ DEL PROJECT BÀSIC I ESTUDI D'ALTERNATIVES PER A LA MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS	PROJECT BÀSIC	07
FERNANDO CABELLO	F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	PROJECTE BÀSIC	EL PRAT DE LLOBREGAT Desembre 2024	PERFILS D'AMIDAMENT PROLONGACIÓ ESPIGÓ EXISTENT	V.01 19/12/2024 A3 E: DIVERSES

PANTALLA DE FUSTA

MOTA DE PONENT

CARTELL INFO

PROLONGACIÓ ESPIGÓ EXISTENT

+2.60

FERROS-PILARS

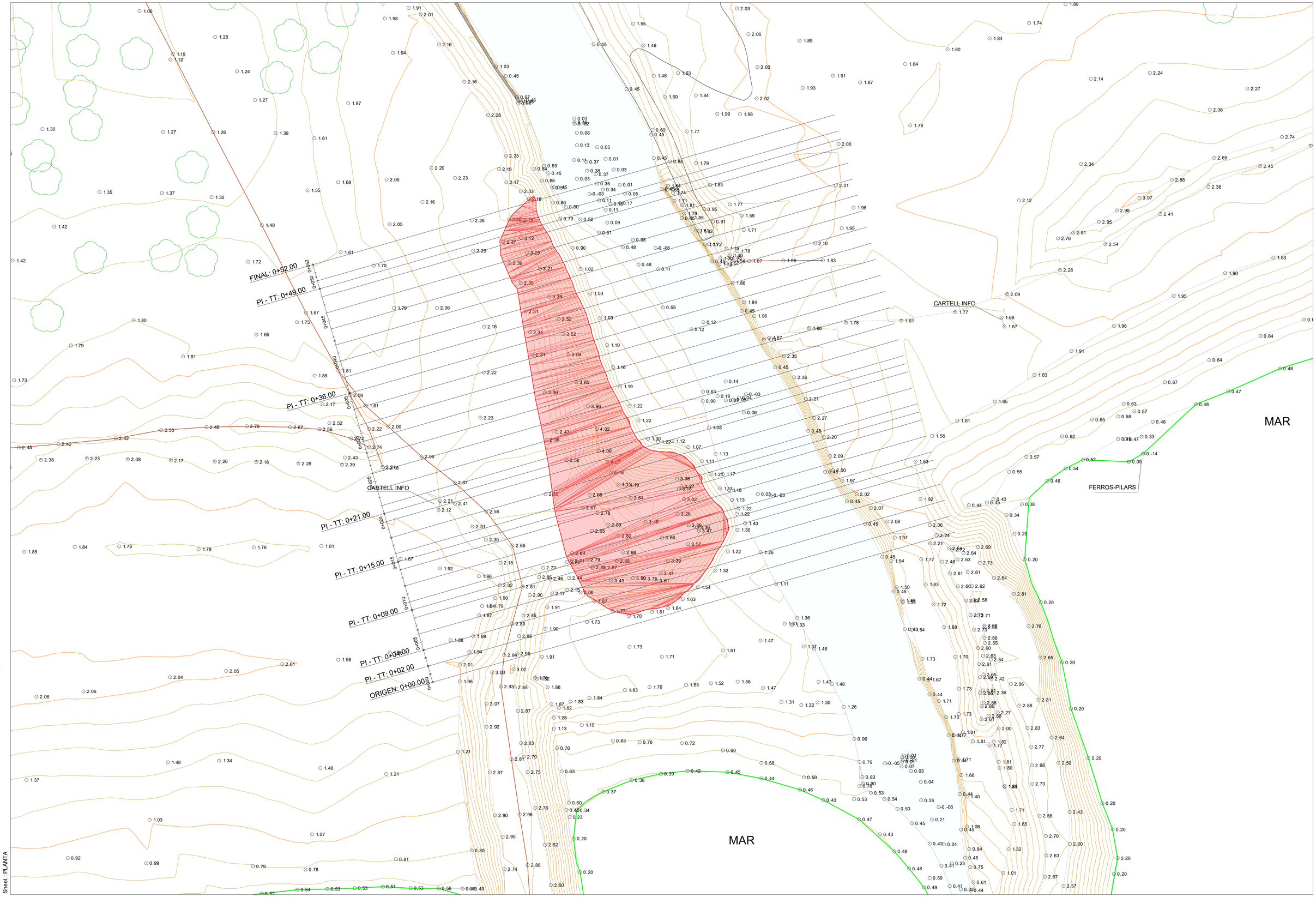
CARTELL INFO

MAR

NOTA: COTES EN METRES. NIVELL DE REFERÈNCIA: Z.A..

8-Adecuacion de la mota de poniente.dwg

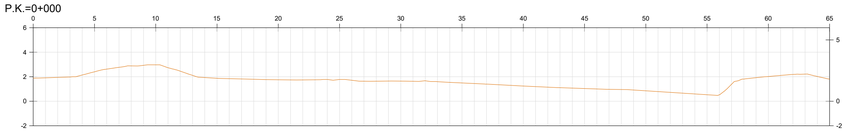
AMB	**Serveis del Cicle de l'Aigua** FERNANDO CABELLO	**Autoria** F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA JOSÉ ÁNGEL IGLESIAS MEJUTO	**Expedient** 20-2024 PROJECTE BÀSIC	REDACCIÓ DEL PROJECT BÀSIC I ESTUDI D'ALTERNATIVES PER A LA MILLORA DE LES CONDICIONS DE LA SORTIDA A MAR DEL REMOLAR DAVANT TEMPORALS MARÍTIMS EL PRAT DE LLOBREGAT Desembre 2024	**PROJECT BÀSIC** ADEQUACIÓ DE LA MOTA DE PONENT. PLANTA	**08** **V.01** 19/12/2024 A3 E: 1/400



File : C:\00-PROYECTOS\0-MB\2024\P2403-Remolar\Work\Civil 3D\Perfiles Remolar.dwg
Sheet : PLANTA

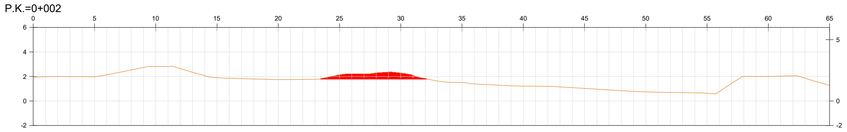
Escala DIN-A1: 1/200
Escala DIN-A3: 1/400

P.K.=0+000



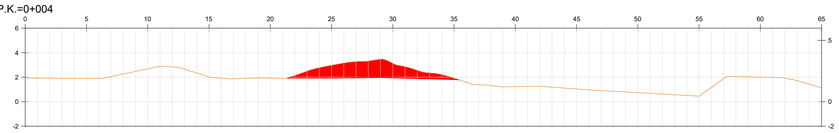
DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	
22.00	
23.00	
24.00	
25.00	
26.00	
27.00	
28.00	
29.00	
30.00	
31.00	
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+002



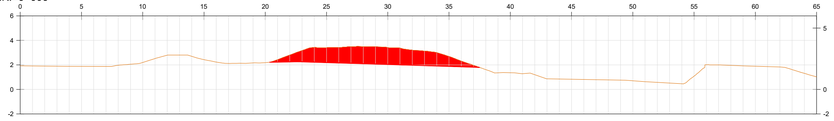
DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	
22.00	
23.00	
24.00	1.80
25.00	1.80
26.00	1.80
27.00	1.80
28.00	1.80
29.00	1.80
30.00	1.80
31.00	1.80
32.00	1.80
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+004



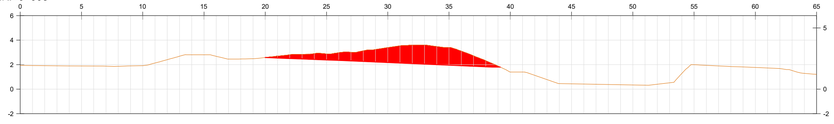
DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	1.94
22.00	1.94
23.00	1.93
24.00	1.93
25.00	1.94
26.00	1.94
27.00	1.95
28.00	1.96
29.00	1.98
30.00	1.96
31.00	1.93
32.00	1.90
33.00	1.87
34.00	1.84
35.00	1.81
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+006



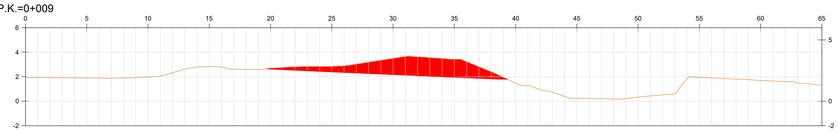
DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	2.23
22.00	2.25
23.00	2.25
24.00	2.22
25.00	2.19
26.00	2.16
27.00	2.13
28.00	2.10
29.00	2.07
30.00	2.03
31.00	2.00
32.00	1.97
33.00	1.94
34.00	1.91
35.00	1.88
36.00	1.85
37.00	1.81
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+008



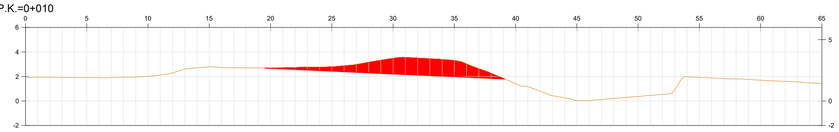
DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	2.58
21.00	2.54
22.00	2.50
23.00	2.46
24.00	2.42
25.00	2.39
26.00	2.35
27.00	2.31
28.00	2.26
29.00	2.22
30.00	2.17
31.00	2.13
32.00	2.09
33.00	2.04
34.00	2.00
35.00	1.95
36.00	1.91
37.00	1.87
38.00	1.82
39.00	1.80
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+009



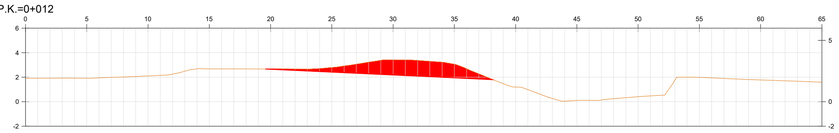
DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	2.83
21.00	2.59
22.00	2.54
23.00	2.49
24.00	2.45
25.00	2.40
26.00	2.36
27.00	2.32
28.00	2.27
29.00	2.23
30.00	2.18
31.00	2.14
32.00	2.10
33.00	2.05
34.00	2.01
35.00	1.97
36.00	1.92
37.00	1.88
38.00	1.83
39.00	1.80
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+010



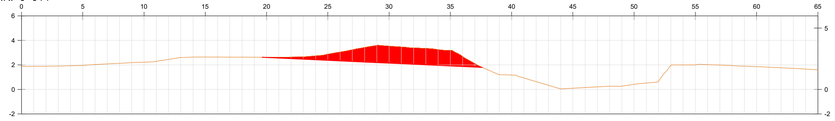
DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	2.66
21.00	2.62
22.00	2.57
23.00	2.52
24.00	2.48
25.00	2.43
26.00	2.39
27.00	2.34
28.00	2.29
29.00	2.25
30.00	2.20
31.00	2.16
32.00	2.11
33.00	2.07
34.00	2.03
35.00	1.98
36.00	1.94
37.00	1.89
38.00	1.85
39.00	1.80
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+012



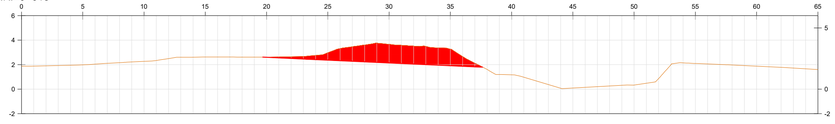
DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	2.64
21.00	2.60
22.00	2.55
23.00	2.50
24.00	2.46
25.00	2.41
26.00	2.37
27.00	2.32
28.00	2.27
29.00	2.23
30.00	2.18
31.00	2.13
32.00	2.09
33.00	2.04
34.00	1.99
35.00	1.95
36.00	1.90
37.00	1.85
38.00	1.81
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+014



DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	2.61
21.00	2.57
22.00	2.52
23.00	2.47
24.00	2.43
25.00	2.38
26.00	2.33
27.00	2.29
28.00	2.24
29.00	2.19
30.00	2.15
31.00	2.10
32.00	2.05
33.00	2.01
34.00	1.96
35.00	1.92
36.00	1.87
37.00	1.83
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+015

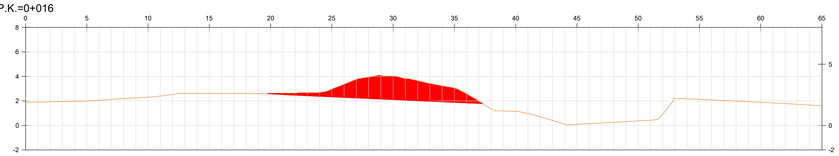


DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	2.60
21.00	2.55
22.00	2.50
23.00	2.46
24.00	2.41
25.00	2.37
26.00	2.32
27.00	2.27
28.00	2.23
29.00	2.18
30.00	2.14
31.00	2.09
32.00	2.05
33.00	2.00
34.00	1.96
35.00	1.91
36.00	1.86
37.00	1.82
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

File : C:\00-PROYECTOS\0-MB\2024\P2403-Remolar\Work\Civil 3D\Perfiles Remolar.dwg
Sheet : PERFILES (1)

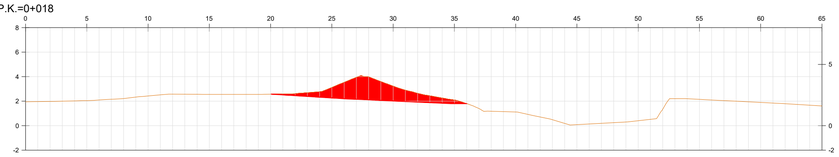
Escala DIN-A1: 1/250
Escala DIN-A3: 1/500

P.K.=0+016



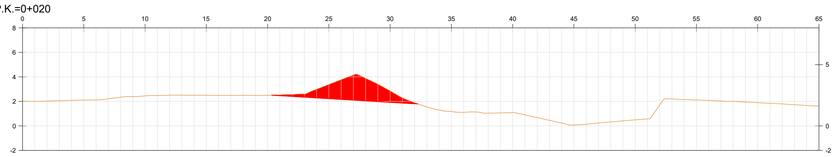
DISTANCÍA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	2.59
21.00	2.53
22.00	2.48
23.00	2.43
24.00	2.39
25.00	2.34
26.00	2.30
27.00	2.25
28.00	2.21
29.00	2.16
30.00	2.12
31.00	2.07
32.00	2.03
33.00	1.98
34.00	1.94
35.00	1.89
36.00	1.84
37.00	1.80
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+018



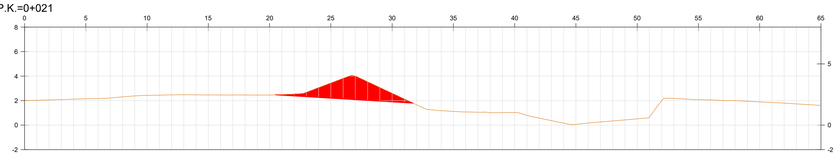
DISTANCÍA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	2.51
21.00	2.45
22.00	2.39
23.00	2.32
24.00	2.26
25.00	2.20
26.00	2.15
27.00	2.11
28.00	2.06
29.00	2.01
30.00	1.97
31.00	1.92
32.00	1.88
33.00	1.83
34.00	1.80
35.00	1.80
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+020



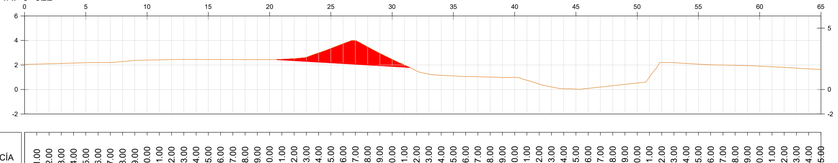
DISTANCÍA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	2.47
21.00	2.41
22.00	2.35
23.00	2.29
24.00	2.23
25.00	2.17
26.00	2.11
27.00	2.05
28.00	1.99
29.00	1.92
30.00	1.87
31.00	1.81
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+021



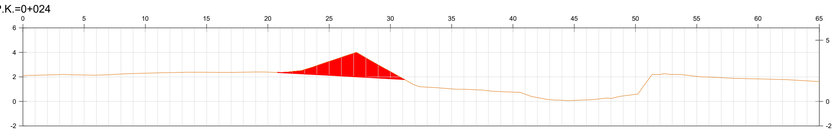
DISTANCÍA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	2.45
21.00	2.39
22.00	2.33
23.00	2.27
24.00	2.20
25.00	2.14
26.00	2.08
27.00	2.02
28.00	1.96
29.00	1.90
30.00	1.84
31.00	
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+022



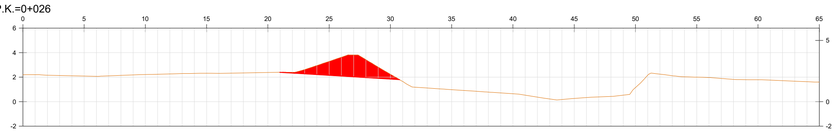
DISTANCÍA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	2.42
21.00	2.36
22.00	2.30
23.00	2.24
24.00	2.18
25.00	2.12
26.00	2.06
27.00	2.00
28.00	1.95
29.00	1.88
30.00	1.82
31.00	
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+024



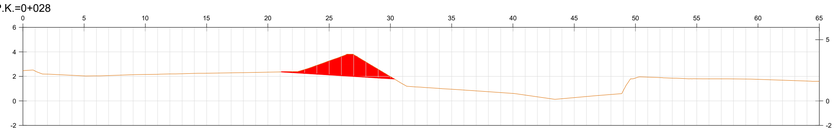
DISTANCÍA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	2.35
22.00	2.30
23.00	2.25
24.00	2.19
25.00	2.14
26.00	2.08
27.00	2.03
28.00	1.97
29.00	1.91
30.00	1.86
31.00	1.80
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+026



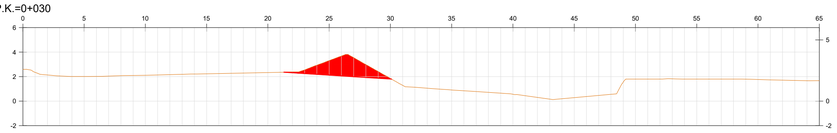
DISTANCÍA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	2.39
22.00	2.33
23.00	2.27
24.00	2.21
25.00	2.15
26.00	2.09
27.00	2.03
28.00	1.97
29.00	1.91
30.00	1.85
31.00	
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+028



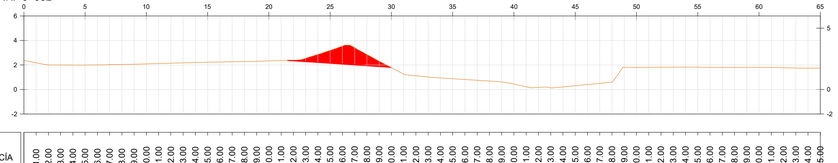
DISTANCÍA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	2.32
22.00	2.25
23.00	2.19
24.00	2.13
25.00	2.07
26.00	2.00
27.00	1.94
28.00	1.88
29.00	1.82
30.00	
31.00	
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+030



DISTANCÍA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	2.32
22.00	2.25
23.00	2.19
24.00	2.12
25.00	2.06
26.00	2.00
27.00	1.93
28.00	1.87
29.00	1.81
30.00	
31.00	
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+032

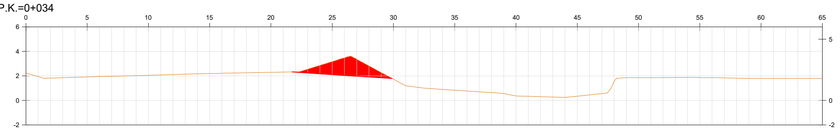


DISTANCÍA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	2.34
22.00	2.27
23.00	2.20
24.00	2.14
25.00	2.07
26.00	2.00
27.00	1.93
28.00	1.86
29.00	
30.00	
31.00	
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

File : C:\00-PROYECTOS\0-MB\2024\P2403-Remolar\Work\Civil 3D\Perfiles Remolar.dwg
Sheet : PERFILES (2)

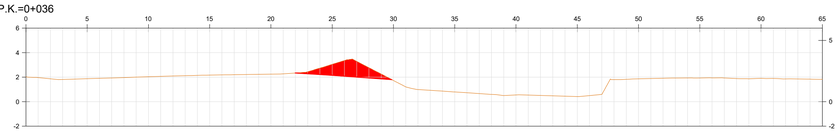
Escala DIN-A1: 1/250
Escala DIN-A3: 1/500

P.K.=0+034



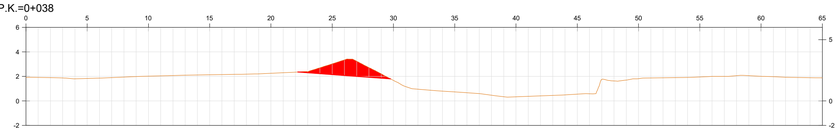
DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	
22.00	2.31
23.00	2.24
24.00	2.17
25.00	2.11
26.00	2.04
27.00	1.98
28.00	1.92
29.00	1.85
30.00	
31.00	
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+036



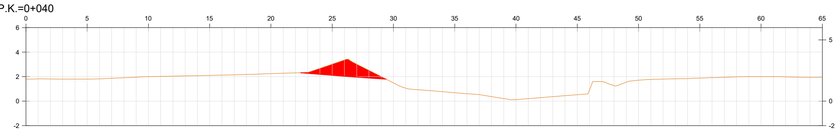
DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	
22.00	2.33
23.00	2.27
24.00	2.21
25.00	2.15
26.00	2.07
27.00	2.00
28.00	1.93
29.00	1.86
30.00	
31.00	
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+038



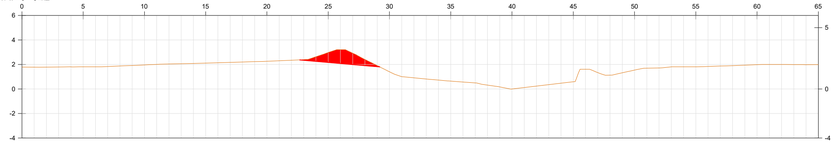
DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	
22.00	2.30
23.00	2.22
24.00	2.15
25.00	2.08
26.00	2.00
27.00	1.93
28.00	1.85
29.00	
30.00	
31.00	
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+040



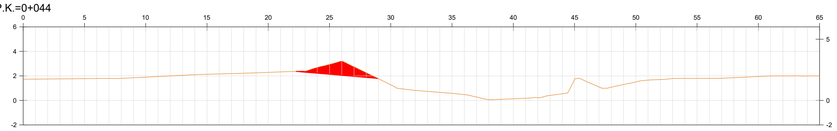
DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	
22.00	2.28
23.00	2.20
24.00	2.12
25.00	2.04
26.00	1.97
27.00	1.90
28.00	1.83
29.00	
30.00	
31.00	
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+042



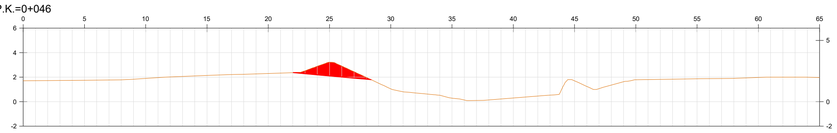
DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	
22.00	2.34
23.00	2.25
24.00	2.16
25.00	2.08
26.00	2.00
27.00	1.99
28.00	1.90
29.00	1.82
30.00	
31.00	
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+044



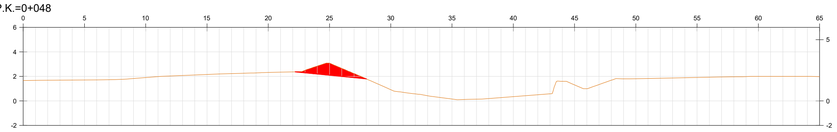
DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	
22.00	2.31
23.00	2.22
24.00	2.14
25.00	2.05
26.00	1.96
27.00	1.88
28.00	
29.00	
30.00	
31.00	
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+046



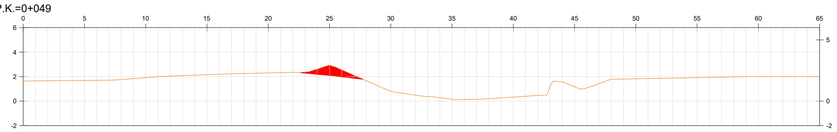
DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	
22.00	2.28
23.00	2.19
24.00	2.10
25.00	2.01
26.00	1.92
27.00	1.83
28.00	
29.00	
30.00	
31.00	
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+048



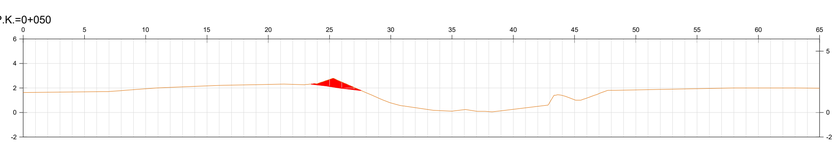
DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	
22.00	2.29
23.00	2.19
24.00	2.09
25.00	2.00
26.00	1.90
27.00	
28.00	
29.00	
30.00	
31.00	
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+049



DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	
22.00	2.30
23.00	2.20
24.00	2.11
25.00	2.01
26.00	1.88
27.00	
28.00	
29.00	
30.00	
31.00	
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

P.K.=0+050

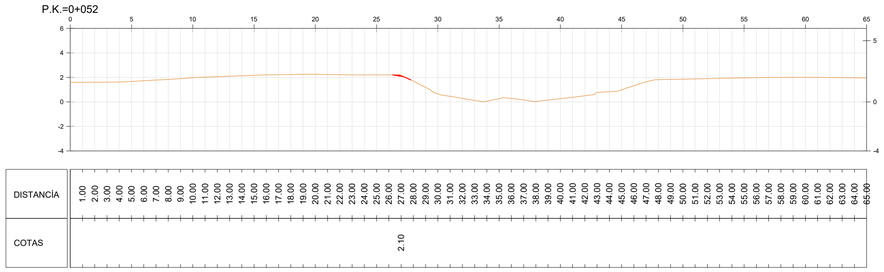


DISTANCIA	COTAS
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	
5.00	
6.00	
7.00	
8.00	
9.00	
10.00	
11.00	
12.00	
13.00	
14.00	
15.00	
16.00	
17.00	
18.00	
19.00	
20.00	
21.00	
22.00	2.26
23.00	2.13
24.00	1.99
25.00	1.86
26.00	
27.00	
28.00	
29.00	
30.00	
31.00	
32.00	
33.00	
34.00	
35.00	
36.00	
37.00	
38.00	
39.00	
40.00	
41.00	
42.00	
43.00	
44.00	
45.00	
46.00	
47.00	
48.00	
49.00	
50.00	
51.00	
52.00	
53.00	
54.00	
55.00	
56.00	
57.00	
58.00	
59.00	
60.00	
61.00	
62.00	
63.00	
64.00	
65.00	

File : C:\00-PROYECTOS\0-MB\2024\P2403-Remolar\Work\Civil 3D\Perfiles Remolar.dwg
Sheet : PERFILES (3)

Escala DIN-A1: 1/250
Escala DIN-A3: 1/500

P.K.=0+052



Total Volume Table			
Station	Cut Area	Cut Vol	Cum Cut Vol
0+00.00	0.00	0.00	0.00
0+02.00	2.99	2.99	2.99
0+04.00	11.48	14.46	17.45
0+06.00	17.12	28.60	46.05
0+08.00	16.28	33.39	79.44
0+09.00	16.26	16.27	95.71
0+10.00	14.72	15.49	111.20
0+12.00	12.87	27.59	138.79
0+14.00	14.42	27.30	166.09
0+15.00	16.24	15.33	181.42
0+16.00	17.47	16.86	198.28
0+18.00	12.56	30.04	228.31

Total Volume Table			
Station	Cut Area	Cut Vol	Cum Cut Vol
0+20.00	10.54	23.11	251.42
0+21.00	9.71	10.12	261.54
0+22.00	9.07	9.39	270.93
0+24.00	9.08	18.16	289.09
0+26.00	8.35	17.44	306.52
0+28.00	7.58	15.94	322.46
0+30.00	7.10	14.69	337.15
0+32.00	6.19	13.30	350.44
0+34.00	6.15	12.34	362.79
0+36.00	5.40	11.55	374.34
0+38.00	5.09	10.49	384.83
0+40.00	4.55	9.64	394.47

Total Volume Table			
Station	Cut Area	Cut Vol	Cum Cut Vol
0+42.00	3.83	8.38	402.85
0+44.00	3.60	7.43	410.27
0+46.00	3.55	7.14	417.42
0+48.00	2.80	6.35	423.77
0+49.00	1.98	2.39	426.16
0+50.00	1.32	1.65	427.81
0+52.00	0.04	1.36	429.17

File : C:\00-PROYECTOS\0-MB\2024\P2403-Remolar\Work\Civil 3D\Perfiles Remolar.dwg
Sheet : PERFILES (4)

Escala DIN-A1: 1/250
Escala DIN-A3: 1/500

DOCUMENT Nº 3: PRESSUPOST

ÍNDEX DEL DOCUMENT Nº 3. PRESSUPOST

Amidaments
Quadre de preus nº 1
Pressupostos parcials
Pressupost Total

AMIDAMENTS

AMIDAMENTS

Obra 01 OBRA
Capítulo 01 OBRAS AUXILIARES. ADECUACION DE ACCESOS

NUM.	CODI	UA	DESCRIPCIÓ

1 G2194XL5 m2 Demolición de pavimento de mezcla bituminosa, de hasta 20 cm de espesor y más de 2 m de ancho con retroexcavadora con martillo rompedor y carga sobre camión

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
2	Previsión posibles daños					50,000	50,000	F#

TOTAL AMIDAMENT **50,000**

2 F9522012 m2 Firme flexible para frecuencia mediana de tráfico pesado, formado por pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente de 16 cm, con capa de rodadura de 6 cm capa intermedia de 10 cm, con base de zahorra artificial, sobre explanada E2

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
2	Previsión posibles daños					50,000	50,000	F#

TOTAL AMIDAMENT **50,000**

3 G3J42P2B m3 Suministro, transporte y vertido de arena tipo sablón ('sauló') con pala cargadora, en camino de acceso de acuerdo a los planos del proyecto, incluida posterior excavación y distribución por la playa de acuerdo a las indicaciones de la DF. Incluye parte proporcional de geotextil de 200 a 250 gr/m2 según el plano del proyecto ´´Camino provisional de acceso´´

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
3	Acceso desde El Prat			25,000	3,750	0,500	46,875	D#*E#*F#

TOTAL AMIDAMENT **46,875**

4 G3J42P01 t Suministro, transporte y vertido de todo uno de escollera con pala cargadora, de acuerdo a los planos de proyecto

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
2	Acceso desde Viladecans (cruce canal)		1,830	15,000	5,000	2,500	343,125	C#*D#*E#*F#

TOTAL AMIDAMENT **343,125**

5 G7BC37J0 m2 Geotextil formado por fieltro de polipropileno/polietileno no tejido ligado térmicamente de 300 a 350 g/m2, colocado sin adherir

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
2	Acceso desde Viladecans				5,500	25,000	137,500	E#*F#

TOTAL AMIDAMENT **137,500**

6 P2R6-4I5K m3 Carga con medios mecánicos y transporte de residuos inertes o no peligrosos (no especiales) a instalación autorizada de gestión de residuos, con camión para transporte de 20 t, con un recorrido de más de 15 y hasta 20 km

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
2	Retirada de todo uno					343,125	343,125	F#
3	Retirada del sauló del camino de acceso					46,875	46,875	F#
4	Demoliciñon de pavimento				0,250	50,000	12,500	E#*F#

AMIDAMENTS

TOTAL AMIDAMENT **402,500**

7 AV010203 m3 Excavación general con medios mecánicos terrestres y disposición en obra.

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
2	Retirada de todo uno					343,125	343,125	F#
3	Retirada del sauló del camino de acceso					46,875	46,875	F#

TOTAL AMIDAMENT **390,000**

8 U07OEC210 m Suministro, instalación, conexión, pruebas de estanqueidad pruebas de funcionamiento y retirada despues de las obras, carga sobre camión y transporte a lugar de acopio indicado por la DO (máximo 30 Kms) de colector de saneamiento enterrado de hormigón armado centrifugado de sección circular, ASTM Clase V y diámetro 400 mm fabricada según UNE-EN 1916, con cemento SR MR, con unión por enchufe-campan. Con p.p. de junta elástica medios auxiliares. Con marcados ´´CE´´ y ´´N´´.

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
1		C				Longitud		
3	Tubos paso de agua camino cruce canal de salida				4,000	5,000	20,000	C#*D#*E#*F#

TOTAL AMIDAMENT **20,000**

Obra 01 OBRA
Capítulo 02 ESPIGÓN Y PANTALLA DE MADERA
Subcapítulo 21 ESPIGÓN

NUM.	CODI	UA	DESCRIPCIÓ

1 G3J42P16 t Suministro, transporte y vertido de escollera de categorías 1000 kg a 2000 kg

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
3	Escollera de 1,2 t (ver mediciones auxiliares)				1.269,280	1,720	2.183,162	E#*F#

TOTAL AMIDAMENT **2.183,162**

2 G3J42P14 t Recolocación de escollera clasificada en dique existente con retroexcavadora giratoria incluido transporte interior en obra

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
2	Reparación de averías en dique existente				20,000	1,720	34,400	E#*F#
3	(Previsión)							

TOTAL AMIDAMENT **34,400**

3 AV010203 m3 Excavación general con medios mecánicos terrestres y disposición en obra.

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
2	Ver mediciones auxiliares					3.060,780	3.060,780	F#

TOTAL AMIDAMENT **3.060,780**

AMIDAMENTS

4 P2255-DPHY m3 Relleno de excavación con material de la propia excavación

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
2	Ver mediciones auxiliares					2.562,240	2.562,240	F#

TOTAL AMIDAMENT **2.562,240**

5 G7BC37J0 m2 Geotextil formado por fieltro de polipropileno/polietileno no tejido ligado térmicamente de 300 a 350 g/m2, colocado sin adherir

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
2	Filtro espigón				4,600	16,000	73,600	E#*F#
3					1,500	16,000	24,000	E#*F#
4					1,500	16,000	24,000	E#*F#

TOTAL AMIDAMENT **121,600**

6 P924-DX78 m2 Suministro y colocación de base de 10 a 15 cm de espesor de grava de cantera de piedra granítica, de 50 a 70 mm, con extendido y compactado del material según planos.

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
2	Cimentación proklongación espigón				16,000	10,600	169,600	E#*F#
3					16,000	1,700	27,200	E#*F#
4					16,000	1,700	27,200	E#*F#

TOTAL AMIDAMENT **224,000**

7 G2230002 m2 Extensión y nivelación de arena en playa seca procedente dem excavación, previamente vertida, incluyendo alisado y regularización de la superficie

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
1						3.060,780	3.060,780	F#
2						-2562,240	-2.562,240	F#

TOTAL AMIDAMENT **498,540**

Obra 01 OBRA
Capítulo 02 ESPIGÓN Y PANTALLA DE MADERA
Subcapítulo 22 PANTALLA DE MADERA

NUM.	CODI	UA	DESCRIPCIÓ

1 P43N1-MCG m2 Suministro y colocación y montaje en obra de pantalla de madera de Iroko formada por pilotes hincados de 120x120 mmm (con 1,5 m de empotramiento en la arena y sobresaliendo 1 m por encima de la arena) colocados cada 2 m, con plafones de 22x86 mm y de 2 m de longitud (con 0,5 m del plafón bajo la arena y 0,90 m por encima de la arena), montados con tornillería de acero inox A34. Incluye rigidizadores, uniones pequeñño material, completamente terminada según planos.

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
1	Pantalla de madera de Iroko					40,000	40,000	F#

TOTAL AMIDAMENT **40,000**

2 P221C-DYZX m3 Excavación de zanja de hasta 2 m de ancho y de hasta 2 m de produndidad, en terreno blando, con pala excavadora y con las tierras dejadas al borde

AMIDAMENTS

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
2	Excavación colocación pilotes, 0,5 m de profundidad			40,000	0,500	1,500	30,000	D#*E#*F#
3	(para la parte de pantalla que va bajo la arena)							

TOTAL AMIDAMENT **30,000**

3 P2255-DPHY m3 Relleno de excavación con material de la propia excavación

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
2	Relleno de excavación colocación pilotes, 0,5 m de profundidad			40,000	0,500	1,500	30,000	D#*E#*F#
3	(para la parte de pantalla que va bajo la arena)							

TOTAL AMIDAMENT **30,000**

Obra 01 OBRA
Capítulo 02 ESPIGÓN Y PANTALLA DE MADERA
Subcapítulo 24 ADECUACIÓN DE LA MOTA DE PONIENTE

NUM.	CODI	UA	DESCRIPCIÓ

1 P2R6-4I5K m3 Carga con medios mecánicos y transporte de residuos inertes o no peligrosos (no especiales) a instalación autorizada de gestión de residuos, con camión para transporte de 20 t, con un recorrido de más de 15 y hasta 20 km

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
2	Se considera un 15% del material total de la mota				0,150	429,170	64,376	E#*F#

TOTAL AMIDAMENT **64,376**

2 AV01MCG m3 Excavación general y recolocación con reperfilado del material previo cribado, con medios mecánicos terrestres y disposición en obra.

Num.	Text	Tipus	[C]	[D]	[E]	[F]	TOTAL	Fórmula
2	Ver plano 8.b para mediciones auxiliares					429,170	429,170	F#

TOTAL AMIDAMENT **429,170**

Obra 01 OBRA
Capítulo 03 MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS

NUM.	CODI	UA	DESCRIPCIÓ

1 PAX10001 PA Partida alzada de abono íntegro por movilización y desmovilización de equipos terrestres

AMIDAMENT DIRECTE **1,000**

AMIDAMENTS

Obra 01 OBRA
Capítulo 04 VARIOS

NUM.	CODI	UA	DESCRIPCIÓ	
1	PAX10003	PA	Partida alzada de abono íntegro para el desarrollo de las medidas incluídas en el Estudio de Seguridad y Salud	
			AMIDAMENT DIRECTE	**1,000**
2	PAX10004	PA	Partida alzada de abono íntegro para el desarrollo de las medidas incluídas en el Estudio de Gestión de Residuos	
			AMIDAMENT DIRECTE	**1,000**
3	PAX10005	PA	Partida alzada de abono íntegro para el desarrollo de las medidas incluídas en el Plan de Vigilancia Ambiental	
			AMIDAMENT DIRECTE	**1,000**

Amidaments auxiliars

El Remolar

Escollera

PK	DISTANCIA (m)	ÁREAS A_i (m2)	$(A_{i-1}+A_i)/2$	VOLUMEN (m3)
PK 0+000,000		0,00		
PK 0+004,000	4,00	27,37	13,69	54,74
PK 0+008,000	4,00	27,37	27,37	109,48
PK 0+012,000	4,00	27,37	27,37	109,48
PK 0+013,500	1,50	27,37	27,37	41,06
PK 0+015,050	20,20	27,37	27,37	552,87
PK 0+016,000	29,35	0,00	13,69	401,65
				1.269,28 m3

El Remolar

		EXCAVAC.			Relleno		
PK	DISTANCIA (m)	ÁREAS A_i (m2)	$(A_{i-1}+A_i)/2$	VOLUMEN (m3)	ÁREAS A_i (m2)	$(A_{i-1}+A_i)/2$	VOLUMEN (m3)
PK 0+000,000		0,00			0,00		
PK 0+004,000	4,00	38,90	19,45	77,80	17,34	8,67	34,68
PK 0+008,000	4,00	42,62	40,76	163,04	20,23	18,79	75,14
PK 0+012,000	4,00	51,32	46,97	187,88	27,98	24,11	96,42
PK 0+013,500	1,50	54,10	52,71	79,07	30,27	29,13	43,69
PK 0+016,000	20,20	54,10	54,10	1.092,82	54,10	42,19	852,14
PK 0+020,200	20,20	36,00	45,05	910,01	36,00	45,05	910,01
PK 0+029,350	29,35	1,49	18,75	550,17	1,49	18,75	550,17
				3.060,78 m3			**2.562,24 m3**

QUADRE DE PREUS Nº 1

QUADRE DE PREUS NÚMERO 1

NÚMERO	CODI	UA	DESCRIPCIÓ	PREU	
P-1	AV010203	m3	Excavación general con medios mecánicos terrestres y disposición en obra. (TRES EUROS AMB DINOU CÈNTIMS)	3,19	€
P-2	AV01MCG	m3	Excavación general y recolocación con reperfilado del material previo cribado, con medios mecánicos terrestres y disposición en obra. (DEU EUROS AMB VINT CÈNTIMS)	10,20	€
P-3	F9522012	m2	Firme flexible para frecuencia mediana de tráfico pesado, formado por pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente de 16 cm, con capa de rodadura de 6 cm capa intermedia de 10 cm, con base de zahorra artificial, sobre explanada E2 (VINT-I-SET EUROS AMB VINT-I-QUATRE CÈNTIMS)	27,24	€
P-4	G2194XL5	m2	Demolición de pavimento de mezcla bituminosa, de hasta 20 cm de espesor y más de 2 m de ancho con retroexcavadora con martillo rompedor y carga sobre camión (QUATRE EUROS AMB SIS CÈNTIMS)	4,06	€
P-5	G2230002	m2	Extensión y nivelación de arena en playa seca procedente dem excavación, previamente vertida, incluyendo alisado y regularización de la superficie (UN EUROS AMB DIVUIT CÈNTIMS)	1,18	€
P-6	G3J42P01	t	Suministro, transporte y vertido de todo uno de escollera con pala cargadora, de acuerdo a los planos de proyecto (ONZE EUROS AMB SEIXANTA-SET CÈNTIMS)	11,67	€
P-7	G3J42P14	t	Recolocación de escollera clasificada en dique existente con retroexcavadora giratoria incluido transporte interior en obra (CINC EUROS AMB CINQUANTA CÈNTIMS)	5,50	€
P-8	G3J42P16	t	Suministro, transporte y vertido de escollera de categorías 1000 kg a 2000 kg (DOTZE EUROS AMB NORANTA-DOS CÈNTIMS)	12,92	€
P-9	G3J42P2B	m3	Suministro, transporte y vertido de arena tipo sablón ('sauló') con pala cargadora, en camino de acceso de acuerdo a los planos del proyecto, incluida posterior excavación y distribución por la playa de acuerdo a las indicaciones de la DF. Incluye parte proporcional de geotextil de 200 a 250 gr/m2 según el plano del proyecto ´´Camino provisional de acceso´´ (VINT-I-SET EUROS AMB SEIXANTA-VUIT CÈNTIMS)	27,68	€
P-10	G7BC37J0	m2	Geotextil formado por fieltro de polipropileno/polietileno no tejido ligado térmicamente de 300 a 350 g/m2, colocado sin adherir (QUATRE EUROS AMB DISSET CÈNTIMS)	4,17	€
P-11	P221C-DYZX	m3	Excavación de zanja de hasta 2 m de ancho y de hasta 2 m de produndidad, en terreno blando, con pala excavadora y con las tierras dejadas al borde (SIS EUROS AMB SETANTA-TRES CÈNTIMS)	6,73	€
P-12	P2255-DPHY	m3	Relleno de excavación con material de la propia excavación (UN EUROS AMB QUARANTA-QUATRE CÈNTIMS)	1,44	€
P-13	P2R6-4I5K	m3	Carga con medios mecánicos y transporte de residuos inertes o no peligrosos (no especiales) a instalación autorizada de gestión de residuos, con camión para transporte de 20 t, con un recorrido de más de 15 y hasta 20 km (TRETZE EUROS AMB CATORZE CÈNTIMS)	13,14	€
P-14	P43N1-MCG	m2	Suministro y colocación y montaje en obra de pantalla de madera de Iroko formada por pilotes hincados de 120x120 mmm (con 1,5 m de empotramiento en la arena y sobresaliendo 1 m por encima de la arena) colocados cada 2 m, con plafones de 22x86 mm y de 2 m de longitud (con 0,5 m del plafón bajo la arena y 0,90 m por encima de la arena), montados con	1.360,00	€

QUADRE DE PREUS NÚMERO 1

NÚMERO	CODI	UA	DESCRIPCIÓ	PREU	
			tornillería de acero inox A34. Incluye rigidizadores, uniones pequeñño material, completamente terminada según planos. (MIL TRES-CENTS SEIXANTA EUROS)		
P-15	P924-DX78	m2	Suministro y colocación de base de 10 a 15 cm de espesor de grava de cantera de piedra granítica, de 50 a 70 mm, con extendido y compactado del material según planos. (DEU EUROS AMB SETANTA-NOU CÈNTIMS)	10,79	€
P-16	PAX10001	PA	Partida alzada de abono íntegro por movilización y desmovilización de equipos terrestres (DOS MIL EUROS)	2.000,00	€
P-17	PAX10003	PA	Partida alzada de abono íntegro para el desarrollo de las medidas incluídas en el Estudio de Seguridad y Salud (CINC MIL EUROS)	5.000,00	€
P-18	PAX10004	PA	Partida alzada de abono íntegro para el desarrollo de las medidas incluídas en el Estudio de Gestión de Residuos (MIL CINC-CENTS EUROS)	1.500,00	€
P-19	PAX10005	PA	Partida alzada de abono íntegro para el desarrollo de las medidas incluídas en el Plan de Vigilancia Ambiental (MIL EUROS)	1.000,00	€
P-20	U07OEC210	m	Suministro, instalación, conexión, pruebas de estanqueidad pruebas de funcionamiento y retirada despues de las obras, carga sobre camión y transporte a lugar de acopio indicado por la DO (máximo 30 Kms) de colector de saneamiento enterrado de hormigón armado centrifugado de sección circular, ASTM Clase V y diámetro 400 mm fabricada según UNE-EN 1916, con cemento SR MR, con unión por enchufe-campan. Con p.p. de junta elástica medios auxiliares. Con marcados ´´CE´´ y ´´N´´. (CENT CINQUANTA EUROS AMB SETANTA-SET CÈNTIMS)	150,77	€

Barcelona, desembre de 2024

Autors del projecte bàsic:

F. Javier Escartín García
ECCP, C. i P. Col. 11.275

José Ángel Iglesias Mejuto
ETOP. Col. 11,203.

PRESSUPOST (PARCIALS)

PRESSUPOST

Obra	01	OBRA
Capítulo	01	OBRAS AUXILIARES. ADECUACION DE ACCESOS

NUM.	CODI	UA	DESCRIPCIÓ	PREU	AMIDAMENT	IMPORT
1	G2194XL5	m2	Demolición de pavimento de mezcla bituminosa, de hasta 20 cm de espesor y más de 2 m de ancho con retroexcavadora con martillo rompedor y carga sobre camión (P - 4)	4,06	50,000	203,00
2	F9522012	m2	Firme flexible para frecuencia mediana de tráfico pesado, formado por pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente de 16 cm, con capa de rodadura de 6 cm capa intermedia de 10 cm, con base de zahorra artificial, sobre explanada E2 (P - 3)	27,24	50,000	1.362,00
3	G3J42P2B	m3	Suministro, transporte y vertido de arena tipo sablón ('sauló') con pala cargadora, en camino de acceso de acuerdo a los planos del proyecto, incluida posterior excavación y distribución por la playa de acuerdo a las indicaciones de la DF. Incluye parte proporcional de geotextil de 200 a 250 gr/m2 según el plano del proyecto ´´Camino provisional de acceso´´ (P - 9)	27,68	46,875	1.297,50
4	G3J42P01	t	Suministro, transporte y vertido de todo uno de escollera con pala cargadora, de acuerdo a los planos de proyecto (P - 6)	11,67	343,125	4.004,27
5	G7BC37J0	m2	Geotextil formado por fieltro de polipropileno/polietileno no tejido ligado térmicamente de 300 a 350 g/m2, colocado sin adherir (P - 10)	4,17	137,500	573,38
6	P2R6-4I5K	m3	Carga con medios mecánicos y transporte de residuos inertes o no peligrosos (no especiales) a instalación autorizada de gestión de residuos, con camión para transporte de 20 t, con un recorrido de más de 15 y hasta 20 km (P - 13)	13,14	402,500	5.288,85
7	AV010203	m3	Excavación general con medios mecánicos terrestres y disposición en obra. (P - 1)	3,19	390,000	1.244,10
8	U07OEC210	m	Suministro, instalación, conexión, pruebas de estanqueidad pruebas de funcionamiento y retirada despues de las obras, carga sobre camión y transporte a lugar de acopio indicado por la DO (máximo 30 Kms) de colector de saneamiento enterrado de hormigón armado centrifugado de sección circular, ASTM Clase V y diámetro 400 mm fabricada según UNE-EN 1916, con cemento SR MR, con unión por enchufe-campan. Con p.p. de junta elástica medios auxiliares. Con marcados ´´CE´´ y ´´N´´. (P - 20)	150,77	20,000	3.015,40

TOTAL Capítulo 01.01 **16.988,50**

Obra	01	OBRA
Capítulo	02	ESPIGÓN Y PANTALLA DE MADERA
Subcapítulo	21	ESPIGÓN

NUM.	CODI	UA	DESCRIPCIÓ	PREU	AMIDAMENT	IMPORT
1	G3J42P16	t	Suministro, transporte y vertido de escollera de categorías 1000 kg a 2000 kg (P - 8)	12,92	2.183,162	28.206,45
2	G3J42P14	t	Recolocación de escollera clasificada en dique existente con retroexcavadora giratoria incluido transporte interior en obra (P - 7)	5,50	34,400	189,20
3	AV010203	m3	Excavación general con medios mecánicos terrestres y disposición en obra. (P - 1)	3,19	3.060,780	9.763,89
4	P2255-DPHY	m3	Relleno de excavación con material de la propia excavación (P - 12)	1,44	2.562,240	3.689,63
5	G7BC37J0	m2	Geotextil formado por fieltro de polipropileno/polietileno no tejido ligado térmicamente de 300 a 350 g/m2, colocado sin adherir (P - 10)	4,17	121,600	507,07
6	P924-DX78	m2	Suministro y colocación de base de 10 a 15 cm de espesor de grava de cantera de piedra granítica, de 50 a 70 mm, con extendido y compactado del material según planos. (P - 15)	10,79	224,000	2.416,96
7	G2230002	m2	Extensión y nivelación de arena en playa seca procedente dem excavación, previamente vertida, incluyendo alisado y regularización de la superficie (P - 5)	1,18	498,540	588,28

PRESSUPOST

TOTAL Subcapítulo 01.02.21 **45.361,48**

Obra	01	OBRA
Capítulo	02	ESPIGÓN Y PANTALLA DE MADERA
Subcapítulo	22	PANTALLA DE MADERA

NUM.	CODI	UA	DESCRIPCIÓ	PREU	AMIDAMENT	IMPORT
1	P43N1-MCG	m2	Suministro y colocación y montaje en obra de pantalla de madera de Iroko formada por pilotes hincados de 120x120 mmm (con 1,5 m de empotramiento en la arena y sobresaliendo 1 m por encima de la arena) colocados cada 2 m, con plafones de 22x86 mm y de 2 m de longitud (con 0,5 m del plafón bajo la arena y 0,90 m por encima de la arena), montados con tornillería de acero inox A34. Incluye rigidizadores, uniones pequeñño material, completamente terminada según planos. (P - 14)	1.360,00	40,000	54.400,00
2	P221C-DYZX	m3	Excavación de zanja de hasta 2 m de ancho y de hasta 2 m de produndidad, en terreno blando, con pala excavadora y con las tierras dejadas al borde (P - 11)	6,73	30,000	201,90
3	P2255-DPHY	m3	Relleno de excavación con material de la propia excavación (P - 12)	1,44	30,000	43,20

TOTAL Subcapítulo 01.02.22 **54.645,10**

Obra	01	OBRA
Capítulo	02	ESPIGÓN Y PANTALLA DE MADERA
Subcapítulo	24	ADECUACIÓN DE LA MOTA DE PONIENTE

NUM.	CODI	UA	DESCRIPCIÓ	PREU	AMIDAMENT	IMPORT
1	P2R6-4I5K	m3	Carga con medios mecánicos y transporte de residuos inertes o no peligrosos (no especiales) a instalación autorizada de gestión de residuos, con camión para transporte de 20 t, con un recorrido de más de 15 y hasta 20 km (P - 13)	13,14	64,376	845,90
2	AV01MCG	m3	Excavación general y recolocación con reperfilado del material previo cribado, con medios mecánicos terrestres y disposición en obra. (P - 2)	10,20	429,170	4.377,53

TOTAL Subcapítulo 01.02.24 **5.223,43**

Obra	01	OBRA
Capítulo	03	MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS

NUM.	CODI	UA	DESCRIPCIÓ	PREU	AMIDAMENT	IMPORT
1	PAX10001	PA	Partida alzada de abono íntegro por movilización y desmovilización de equipos terrestres (P - 16)	2.000,00	1,000	2.000,00

TOTAL Capítulo 01.03 **2.000,00**

Obra	01	OBRA
Capítulo	04	VARIOS

NUM.	CODI	UA	DESCRIPCIÓ	PREU	AMIDAMENT	IMPORT
1	PAX10003	PA	Partida alzada de abono íntegro para el desarrollo de las medidas incluídas en el Estudio de Seguridad y Salud (P - 17)	5.000,00	1,000	5.000,00
2	PAX10004	PA	Partida alzada de abono íntegro para el desarrollo de las medidas incluídas en el Estudio de Gestión de Residuos (P - 18)	1.500,00	1,000	1.500,00

PRESSUPOST

3	PAX10005	PA	Partida alzada de abono íntegro para el desarrollo de las medidas incluídas en el Plan de Vigilancia Ambiental (P - 19)	1.000,00	1,000	1.000,00
TOTAL	**Capítulo**		**01.04**			**7.500,00**

PRESSUPOST TOTAL

RESUM DE PRESSUPOST

NIVELL 2: Capítulo			Import
Capítulo	01.01	OBRAS AUXILIARES. ADECUACION DE ACCESOS	16.988,50
Capítulo	01.02	ESPIGÓN Y PANTALLA DE MADERA	105.230,01
Capítulo	01.03	MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	2.000,00
Capítulo	01.04	VARIOS	7.500,00
Obra	**01**	**OBRA**	**131.718,51**
			131.718,51

NIVELL 1: Obra			Import
Obra	01	OBRA	131.718,51
			131.718,51

PRESSUPOST D'EXECUCIÓ PER CONTRACTE

PRESSUPOST D'EXECUCIÓ MATERIAL.....	131.718,51
13 % DESPESES GENERALS SOBRE 131.718,51.....	17.123,41
6 % BENEFICI INDUSTRIAL SOBRE 131.718,51.....	7.903,11

PRESSUPOST D'EXECUCIÓ PER CONTRACTE 156.745,03

21 % IVA SOBRE 156.745,03.....	32.916,46

TOTAL PRESSUPOST D'EXECUCIÓ PER CONTRACTE AMB IVA INCLÒS 189.661,49

Aquest pressupost d'execució per contracte (IVA inclòs) puja a

Cent vuitanta-nou mil sis-cents seixanta-un euros amb quaranta-nou cèntims

Barcelona, desembre de 2024

Autors del projecte bàsic:

F. Javier Escartín García
ECCP, C. i P. Col. 11.275

José Ángel Iglesias Mejuto
ETOP. Col. 11,203.