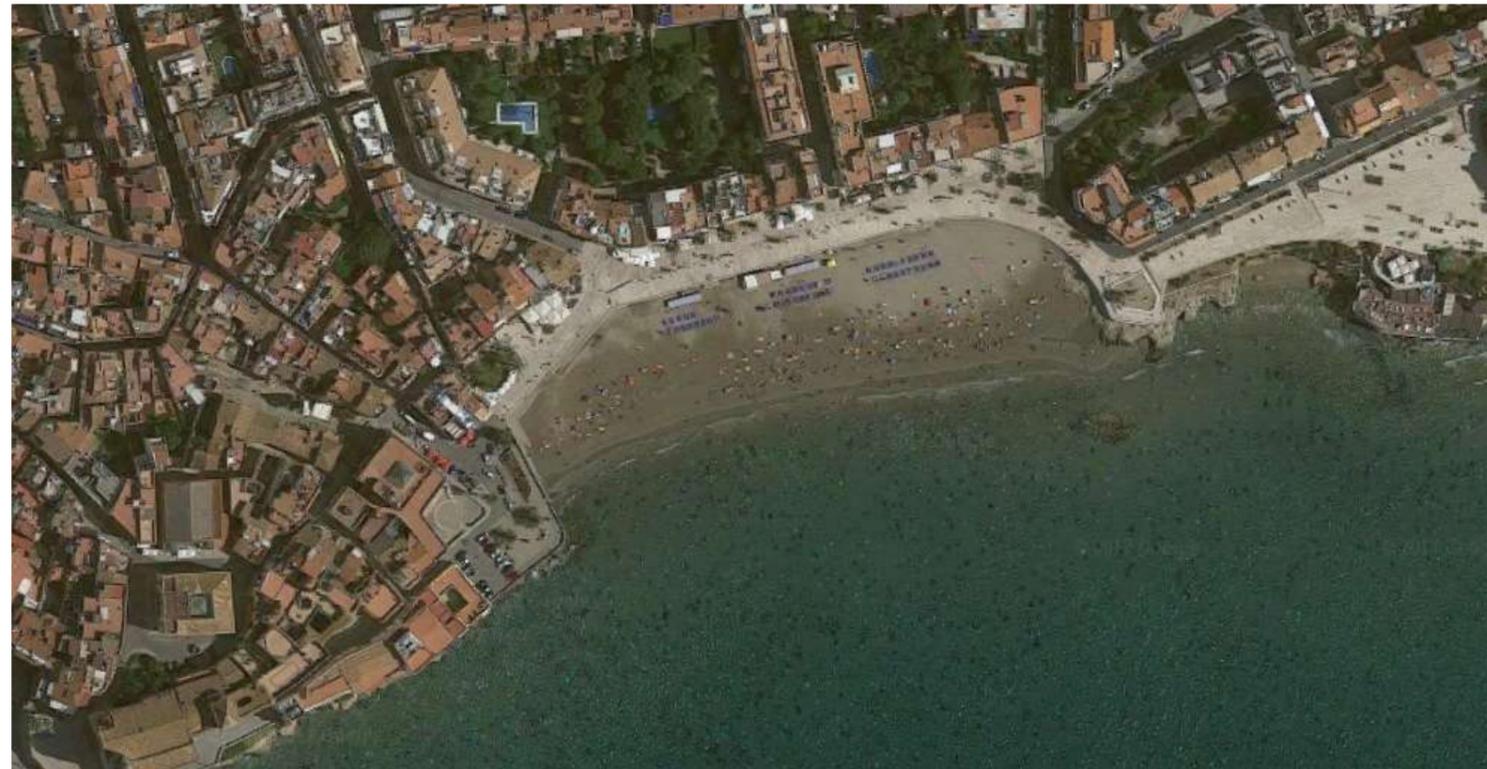




MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA,  
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE  
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE  
Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar  
Demarcación de Costas en Cataluña

# PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ; T.M. DE SITGES (BARCELONA)



## TOMO II. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Director del Proyecto

Autor del Proyecto

Empresa Consultora

ENERO DE 2019

**ANA M. CASTAÑEDA FRAILE**

Dra. Ing. de Caminos, Canales y Puertos  
Jefa del Servicio de Proyectos y Obras  
Demarcación de Costas en Cataluña

**F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA**

Ing. de Caminos, Canales y Puertos  
Colegiado nº 11.275



**MARCIGLOB** Maritime & Civil Global  
Consultancy Solutions



## DOCUMENTO N° 5. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL



## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 EXPOSICIÓN DEL OBJETO DEL PROYECTO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 FUNDAMENTOS DE DERECHO APPLICABLES A LA CALIFICACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO ....</b>	<b>1</b>
<b>1.3 MARCO LEGAL.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....</b>	<b>2</b>
<b>1.5 OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
<b>1.6 FUENTES DE INFORMACIÓN UTILIZADAS.....</b>	<b>3</b>
<b>1.7 ESTRATEGIAS MARINAS Y OBJETIVOS AMBIENTALES DE LA DEMARCACIÓN LEVANTINO         BALEAR .....</b>	<b>3</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y DE SUS ALTERNATIVAS .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 OBJETO DEL PROYECTO .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>8</b>
2.2.1 PROPUESTA INICIAL DE ALTERNATIVAS .....	9
2.2.1.1 Alternativa 1: aportación de arena y espigón de pie de apoyo .....	9
2.2.1.2 Alternativa 2: aportación de arena, espigón a levante de la playa y pie de apoyo.....	9
2.2.1.3 Alternativa 3: aportación de arena, espigón a poniente de la playa y pie de apoyo.....	10
2.2.1.4 Alternativa 4: aportación de arena, espigones a levante y poniente de la playa y pie de apoyo.....	11
2.2.2 ESTUDIO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS .....	11
2.2.3 DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA 2.....	13
2.2.3.1 Solución base .....	13
2.2.3.1.1 Características generales de la alternativa 2 (solución base) .....	13
2.2.3.1.2 Análisis del funcionamiento de la alternativa 2 mediante el programa SMC .....	13
2.2.3.2 Solución variante.....	15
2.2.3.2.1 Características generales de la alternativa 2 (variante 1)..	15
2.2.3.2.2 Análisis del funcionamiento de la variante 1 de la alternativa 2 mediante el programa SMC .....	16
2.2.3.3 Comparación de la Solución Base y la Variante 1 .....	18
2.2.4 PROPUESTAS BASADAS EN APORTACIÓN DE ARENA MIXTA .....	18
2.2.4.1 Descripción de la alternativa 5 .....	19
2.2.4.1.1 Solución Base .....	19
2.2.4.1.2 Variante 1 .....	19
2.2.4.2 Comparación de la Solución Base y la Variante 1 .....	20
2.2.5 MÉTODO CONSTRUCTIVO DE LOS ESPIGONES .....	21
2.2.5.1 Ejecución por medios terrestres .....	21
2.2.5.2 Ejecución por medios marítimos .....	21
2.2.5.3 Comparación del método de ejecución .....	22
2.2.6 PROPUESTA FINAMENTE SELECCIONADA .....	22
<b>2.3 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS .....</b>	<b>22</b>
2.3.1 ESPIGÓN .....	23
2.3.2 APORTACIÓN DE ARENA.....	24
2.3.3 HITO EN EL ARRANQUE DEL ESPIGÓN .....	24
2.3.4 OBRAS AUXILIARES.....	24
2.3.5 BALANCE DE MATERIALES .....	24
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO. INVENTARIO AMBIENTAL .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 METEOROLOGÍA .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2 CALIDAD DEL AIRE.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3 TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA.....</b>	<b>26</b>
3.3.1 BATIMETRÍA .....	26
3.3.2 TOPOGRAFÍA .....	26
3.3.3 RESULTADOS .....	26
<b>3.4 NATURALEZA GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA Y SEDIMENTARIA DE LOS FONDOS .....</b>	<b>27</b>

3.4.1	MARCO GEOLÓGICO .....	27	3.5.3.1	Introducción.....	47
3.4.2	GEOMORFOLOGÍA MARINA .....	28	3.5.3.2	Sistema de corrientes litorales en la playa de Sant Sebastià .....	48
3.4.2.1	Interpretación de los resultados del sónar .....	28	<b>3.6</b>	<b>CALIDAD DEL AGUA .....</b>	<b>49</b>
3.4.2.2	Caracterización geomorfológica de los fondos.....	28	<b>3.7</b>	<b>DINÁMICA LITORAL .....</b>	<b>51</b>
3.4.2.2.1	Zona de extracción.....	29	3.7.1	FORMAS DE EQUILIBRIO EN PLANTA Y PERFIL .....	51
3.4.2.2.2	Zona de aportación.....	30	3.7.1.1	Formas de equilibrio de una playa en planta.....	51
3.4.2.3	Descripción de los tipos de fondos identificados .....	31	3.7.1.1.1	Formulaciones existentes .....	51
3.4.2.3.1	Zona de aportación.....	32	3.7.1.1.2	Resultados obtenidos .....	52
3.4.2.3.2	Zona de extracción.....	33	3.7.1.2	Análisis del perfil transversal .....	54
3.4.2.4	Identificación de elementos mediante el sónar de barrido lateral (SBL) .....	34	3.7.1.2.1	Zonificación del perfil de playa. Profundidades activa y de cierre.....	54
3.4.2.5	Prospección con perfilador de fondo.....	34	3.7.1.2.2	Perfil de equilibrio .....	56
3.4.2.5.1	Zona de extracción.....	35	3.7.2	ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DEL TRANSPORTE LITORAL .....	58
3.4.2.5.2	Zona de aportación.....	35	3.7.2.1	Metodologías para el cálculo de la capacidad de transporte longitudinal de sedimentos .....	58
3.4.3	CARACTERIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS MARINOS .....	35	3.7.2.2	Cálculo del transporte longitudinal mediante formulaciones .....	58
3.4.3.1	Caracterización granulométrica.....	35	3.7.2.2.1	Fórmula del CERC .....	58
3.4.3.1.1	Zona de extracción (préstamo).....	35	3.7.2.2.2	Fórmula de Kamphuis.....	60
3.4.3.1.2	Zona de aportación.....	37	3.7.2.2.3	Fórmula de Van Rijn.....	60
3.4.3.2	Caracterización físico-química de la zona de dragado.....	41	3.7.2.2.4	Implementación de las fórmulas.....	61
3.4.3.2.1	Metales pesados.....	41	3.7.2.2.5	Cálculo de la capacidad de transporte longitudinal .....	61
3.4.3.2.2	Parámetros microbiológicos.....	42	3.7.2.3	Cálculo mediante modelado numérico .....	63
3.4.3.3	Zona de extracción finalmente seleccionada.....	42	3.7.2.3.1	Conceptos previos sobre el modelo utilizado .....	64
<b>3.5</b>	<b>OCEANOGRAFÍA: MAREA, OLAJE Y CORRIENTES .....</b>	<b>43</b>	3.7.2.3.2	Resultados del modelo numérico .....	64
3.5.1	MAREA .....	43	3.7.2.4	Comentarios respecto al transporte de sedimentos .....	65
3.5.2	OLAJE.....	44	3.7.2.4.1	Transporte longitudinal.....	65
3.5.2.1	Fuentes de datos.....	44	3.7.2.4.2	Transporte transversal .....	66
3.5.2.2	Oleaje en alta mar.....	44	3.7.3	BALANCE SEDIMENTARIO Y EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA .....	66
3.5.2.3	Propagación hasta la costa .....	46	3.7.3.1	Balance sedimentario.....	66
3.5.3	CORRIENTES .....	47	3.7.3.2	Evolución de la línea de costa.....	67

3.7.3.2.1	Evolución histórica.....	67	4.1.3.1	Impactos sobre el medio abiótico .....	76
3.7.3.2.2	Evolución futura .....	69	4.1.3.2	Sobre el medio biótico.....	80
<b>3.8</b>	<b>COMUNIDADES NATURALES .....</b>	<b>70</b>	4.1.3.3	Sobre el medio antrópico .....	84
3.8.1	COMUNIDADES PLANCTÓNICAS.....	70	<b>4.2</b>	<b>MATRIZ DE IMPACTOS .....</b>	<b>87</b>
3.8.2	COMUNIDADES BENTÓNICAS .....	70	<b>5.</b>	<b>CUANTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS REPERCUSIONES DEL PROYECTO EN LA RED NATURA 2000 .....</b>	<b>88</b>
3.8.2.1	Hábitats de arenas y arenas fangosas infralitorales (030402).....	71	<b>6.</b>	<b>MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS DE IMPACTO.....</b>	<b>89</b>
3.8.2.2	Hábitat de sedimentos infralitorales con <i>Cymodocea nodosa</i> (030509) .....	71	<b>6.1</b>	<b>EN LA OBTENCIÓN DE LOS MATERIALES (ÁRIDOS Y ESCOLLERA) Y TRANSPORTE HASTA LA ZONA DE APORTACIÓN .....</b>	<b>89</b>
<b>3.9</b>	<b>ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS .....</b>	<b>72</b>	6.1.1	MEDIDAS PREVENTIVAS O MODERADORAS .....	89
<b>3.10</b>	<b>ACTIVIDAD PESQUERA .....</b>	<b>74</b>	6.1.2	MEDIDAS REDUCTORAS O CORRECTORAS .....	90
<b>3.11</b>	<b>ELEMENTOS ANTRÓPICO SUBMARINOS .....</b>	<b>74</b>	6.1.3	MEDIDAS COMPENSATORIAS .....	90
<b>3.12</b>	<b>PATRIMONIO CULTURAL .....</b>	<b>74</b>	<b>6.2</b>	<b>EN LA ZONA DE APORTACIÓN .....</b>	<b>90</b>
<b>3.13</b>	<b>PAISAJE .....</b>	<b>75</b>	6.2.1	MEDIDAS PREVENTIVAS O MODERADORAS .....	90
<b>3.14</b>	<b>INTERACCIONES ECOLÓGICAS CLAVES .....</b>	<b>76</b>	6.2.2	MEDIDAS REDUCTORAS O CORRECTORAS .....	91
3.14.1	ELEMENTOS GENERADORES DE IMPACTO .....	76	<b>6.3</b>	<b>OTRAS MEDIDAS GENERALES .....</b>	<b>91</b>
3.14.2	ELEMENTOS RECEPTORES DE IMPACTO .....	77	6.3.1	MEDIDAS PREVENTIVAS O MODERADORAS .....	91
3.14.3	MECANISMOS DE GENERACIÓN DEL IMPACTO .....	77	6.3.2	MEDIDAS REDUCTORAS O CORRECTORAS .....	91
3.14.3.1	Sobre el medio abiótico .....	77	6.3.3	MEDIDAS COMPENSATORIAS .....	91
3.14.3.2	Sobre el medio biótico .....	78	<b>6.4</b>	<b>MATRIZ DE IMPACTOS RESIDUALES .....</b>	<b>91</b>
3.14.3.3	Sobre el medio antrópico.....	78	<b>7.</b>	<b>PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL .....</b>	<b>92</b>
3.14.4	MATRIZ CAUSA / EFECTO .....	78	7.1	OBJETO DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL.....	92
<b>3.15</b>	<b>ESTUDIO COMPARATIVO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL ACTUAL Y LA SITUACIÓN AMBIENTAL TRAS LA ACTUACIÓN .....</b>	<b>78</b>	7.2	MARCO LEGAL .....	92
<b>4.</b>	<b>DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS.....</b>	<b>74</b>	7.3	ÁMBITO TERRITORIAL DEL PROGRAMA.....	92
<b>4.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS ASOCIADOS A LA OBRA.....</b>	<b>74</b>	7.4	ALCANCE DE LOS TRABAJOS.....	93
4.1.1	DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS .....	74	7.4.1	FASE PREVIA: CON ANTERIORIDAD AL INICIO DE LAS OBRAS .....	93
4.1.2	VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS.....	75	7.4.2	FASE DE OBRAS .....	94
4.1.3	FICHAS DE LOS IMPACTOS.....	76			

7.4.3	FASE OPERACIONAL (TRAS LA FINALIZACIÓN DE LAS OBRAS) .....	96
<b>7.5</b>	<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>96</b>
<b>8.</b>	<b>DOCUMENTO DE SÍNTESIS.....</b>	<b>97</b>
<b>8.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>97</b>
8.1.1	OBJETO DEL PROYECTO .....	97
8.1.2	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES INCLUIDAS EN EL PROYECTO .....	97
8.1.2.1	Espigón .....	97
8.1.2.2	Aportación de arena .....	98
8.1.2.3	Hito en el arranque del espigón .....	98
<b>8.2</b>	<b>ALTERNATIVAS ANALIZADAS .....</b>	<b>99</b>
<b>8.3</b>	<b>INVENTARIO AMBIENTAL .....</b>	<b>100</b>
<b>8.4</b>	<b>PRINCIPALES IMPACTOS GENERADOS.....</b>	<b>100</b>
8.4.1	SOBRE EL MEDIO ABIÓTICO .....	100
8.4.2	SOBRE EL MEDIO BIÓTICO .....	101
8.4.3	SOBRE EL MEDIO ANTRÓPICO.....	101
<b>8.5</b>	<b>MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS .....</b>	<b>102</b>
8.5.1	EN LA ZONA DE OBTENCIÓN DE LOS MATERIALES (ÁRIDOS Y ESCOLLERA) Y TRANSPORTE HASTA LA ZONA DE APORTACIÓN .....	102
8.5.1.1	Medidas preventivas o moderadoras.....	102
8.5.1.2	Medidas correctoras o reductoras .....	104
8.5.1.3	Medidas compensatorias .....	104
8.5.2	EN LA ZONA DE APORTACIÓN .....	104
8.5.2.1	Medidas preventivas o moderadoras.....	104
8.5.2.2	Medidas correctoras o reductoras .....	104
8.5.2.3	Medidas compensatorias .....	104
8.5.3	OTRAS MEDIDAS GENERALES .....	104
8.5.3.1	Medidas preventivas o moderadoras.....	104
8.5.3.2	Medidas correctoras o reductoras .....	105

8.5.3.3	Medidas compensatorias.....	105
---------	-----------------------------	-----

8.5.4	MATRIZ DE IMPACTOS RESIDUALES .....	105
-------	-------------------------------------	-----

<b>8.6</b>	<b>PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL.....</b>	<b>106</b>
------------	--	------------

## Apéndice 1. Planos

### Índice de figuras

Figura 1.-	Espacios Naturales Protegidos próximos a la zona de actuación: extracción de arena y aportación (Fuente: elaboración propia) .....	2
Figura 2.-	Ubicación de Cymodocea Nodosa (manchas de color verde) en las proximidades de la obra (Fuente: elaboración propia).....	2
Figura 3.-	Planta de la Alternativa 1. (Fuente: Elaboración propia).....	9
Figura 4.-	Planta de la Alternativa 2. (Fuente: Elaboración propia).....	10
Figura 5.-	Planta de la Alternativa 3. (Fuente: Elaboración propia).....	10
Figura 6.-	Planta de la Alternativa 4. (Fuente: Elaboración propia).....	11
Figura 7.-	Perfil de aportación de arena (Fuente: elaboración propia) .....	13
Figura 8.-	Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià para el oleaje morfológico del SSW. Alternativa 2 – Solución base (Fuente: elaboración propia) ..	14
Figura 9.-	Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià para los oleajes Hs,12. Alternativa 2 – Solución base (Fuente: elaboración propia) .....	14
Figura 10.-	Transporte en los 4 contornos de la celda representativa de la playa de Sant Sebastià y balance sedimentario para los temporales asociados a Hs,12. Alternativa 2 (Fuente: elaboración propia) .....	15
Figura 11.-	Planta de la Variante 1 de la Alternativa 2. (Fuente: Elaboración propia) .....	15
Figura 12.-	Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià para el oleaje morfológico del SSW. Alternativa 2 – Variante 1 (Fuente: elaboración propia) .....	16
Figura 13.-	Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià para los oleajes Hs,12. Alternativa 2 – Variante 1 (Fuente: elaboración propia) .....	17
Figura 14.-	Transporte en los 4 contornos de la celda representativa de la playa de Sant Sebastià y balance sedimentario para los temporales asociados a Hs,12. Alternativa 2- Variante 1 (Fuente: elab. propia) .....	17
Figura 15.-	Perfil de aportación con arena mixta con D50 = 0,250 mm(Fuente: elaboración propia....	19

Figura 16.- Análisis granulométrico de la arena de origen marino, terrestre y de la mezcla con D50 = 0,25 mm (Fuente: elaboración propia) .....	19	Figura 37.- Sonografía de arenas finas con praderas dispersas de Cymodocea nodosa y fotografía del mismo tipo de fondo. (Fuente: Tecnoambiente) .....	30
Figura 17.- Planta de la Solución Base de la Alternativa 5. (Fuente: Elaboración propia) .....	19	Figura 38.- Sonografía obtenida de arenas finas con praderas dispersas de Cymodocea nodosa y fotografía del mismo tipo de fondo. (Fuente: Tecnoambiente) .....	30
Figura 18.- Planta de la Variante 1 de la Alternativa 5. (Fuente: Elaboración propia) .....	20	Figura 39.- Interpretación geomorfológica de la zona de aporte a partir de los datos de sónar de barrido lateral. (Fuente: Tecnoambiente) .....	30
Figura 19.- Secciones tipo A-A' (superior) y B-B' (inferior) de los espigones ejecutados por medios terrestres (Fuente: elaboración propia).....	21	Figura 40.- Sonografía obtenida con sónar de barrido lateral de arenas finas y fotografía del mismo tipo de fondo en el mismo punto. (Fuente: Tecnoambiente) .....	31
Figura 20.- Secciones tipo A-A' (superior) y B-B' (inferior) de los espigones ejecutados por medios marítimos (Fuente: elaboración propia) .....	21	Figura 41.- Sonografía obtenida de arenas finas con praderas dispersas de Cymodocea nodosa y fotografía del mismo tipo de fondo. (Fuente: Tecnoambiente) .....	31
Figura 21.- Planta de la Alternativa finalmente escogida (Fuente: elaboración propia) .....	22	Figura 42.- Sonografía obtenida de arenas finas con praderas dispersas de Cymodocea nodosa y fotografía del mismo tipo de fondo. (Fuente: Tecnoambiente) .....	31
Figura 22.- Secciones tipo del espigón (Fuente: elaboración propia) .....	23	Figura 43.- Sonografía obtenida de arenas finas con praderas dispersas de Cymodocea nodosa y fotografía del mismo tipo de fondo. (Fuente: Tecnoambiente) .....	31
Figura 23.- Sección tipo de la aportación de arena (Fuente: elaboración propia) .....	24	Figura 44.- Transectos (líneas en verde con orientación tierra-mar) y puntos de inmersión en las dos zonas de estudio sobre el mosaico obtenido con sónar de barrido lateral. (Fuente: Tecnoambiente) .....	32
Figura 24.- Perspectiva del hito en el arranque del espigón (Fuente: elaboración propia).....	24	Figura 45.- Capturas de imagen de los vídeos obtenidos de los diferentes tipos de fondo de los 4 transectos en la zona de aporte. (Fuente: Tecnoambiente) .....	33
Figura 25.- Diagrama de temperaturas mínima, media y máxima mensuales en Sitges (Fuente: www.climate-data.org) .....	25	Figura 46.- Izquierda: Punto 1: pradera de densidad media; derecha: Punto 2: pradera muy poco densa. (Fuente: Tecnoambiente) .....	33
Figura 26.- Diagrama de precipitaciones y temperaturas medias mensuales en Sitges (Fuente: www.climate-data.org) .....	25	Figura 47.- Izquierda: Punto 3: pradera de densidad media-alta; derecha: Punto 4: pradera densa (Fuente: Tecnoambiente) .....	33
Figura 27.- Evolución del ICQA durante el último año en la estación Vallcarca-Sitges (Fuente: Generalitat de Catalunya) .....	26	Figura 48.- Punto 5: pradera de densidad media. (Fuente: Tecnoambiente) .....	33
Figura 28.- Topobatimetría general (Fuente: Tecnoambiente) .....	26	Figura 49.- Izquierda: Punto 6: pradera de densidad media; derecha: Punto 7: arenas no vegetadas (Fuente: Tecnoambiente) .....	33
Figura 29.- Topobatimetría de detalle de la playa de Sant Sebastià (Fuente: Tecnoambiente) .....	27	Figura 50.- Izquierda: Punto 8: arenas no vegetadas; derecha: Punto 9: pradera de densidad media (Fuente: Tecnoambiente) .....	33
Figura 30.- Unidades geológicas principales en la zona (Fuente: Generalitat de Catalunya) .....	27	Figura 51.- Punto 10: pradera densa. (Fuente: Tecnoambiente) .....	34
Figura 31.- Composiciones geológicas principales del entorno (Fuente: Institut d'Estudis Penedesencs (imagen superior) y Generalitat de Catalunya (imagen inferior)) .....	27	Figura 52.- Plano de isopacas de espesor de sedimento no consolidado sobre modelo 3D de la batimetría en la zona de estudio. (Fuente: Tecnoambiente).....	34
Figura 32.- Composiciones geológicas principales de la zona de proyecto (Fuente: Instituto Tecnológico Geominero de España) .....	28	Figura 53.- Localización de los dos perfiles representativos de las zonas prospectadas. (Fuente: Tecnoambiente) .....	35
Figura 33.- Líneas realizadas con el sónar de barrido lateral y el perfilador de fondo (Fuente: Tecnoambiente) .....	28	Figura 54.- Perfil sísmico 1, representativo de la zona de dragado. (Fuente: Tecnoambiente) .....	35
Figura 34.- Arriba: Mosaico con cobertura total a partir de los datos obtenidos con el sónar de barrido lateral en la zona de estudio. Abajo: Interpretación geomorfológica. (Fuente: Tecnoambiente) .....	29		
Figura 35.- Interpretación geomorfológica de la zona de dragado a partir de los datos de sónar de barrido lateral. (Fuente: Tecnoambiente) .....	29		
Figura 36.- Sonografía obtenida de arenas finas y fotografía del mismo tipo de fondo. (Fuente: Tecnoambiente) .....	30		

Figura 55.- Perfil sísmico 2, representativo de la zona más alejada del Puerto. (Fuente: Tecnoambiente) .....	35	Figura 75.- Esquema de las corrientes superficiales presentes en el Mediterráneo (Fuente: Allain 1960 e Historia natural dels Països Catalans) .....	47
Figura 56.- Estaciones de muestreo de la zona de dragado. (Fuente: Tecnoambiente) .....	36	Figura 76.- Gráfica de diferentes sistemas circulatorios en playas (Fuente: Losada, M.A) .....	48
Figura 57.- Distribuciones granulométricas de las estaciones BS1 a BS5. (Fuente: Tecnoambiente) .....	36	Figura 77.- Detalle gráfico de los vectores de corriente para los casos de altura de ola morfológica del E (superior izquierda), ESE (superior derecha), S (inferior izquierda) y SSW (inferior derecha)(Fuente: Elaboración propia).....	48
Figura 58.- Características granulométricas de las muestras de la zona de dragado. (Fuente: Tecnoambiente) .....	37	Figura 78.- Arriba: masas de agua costeras en Cataluña y su tipología; abajo: ubicación de la masa de agua C17 y de las zonas de actuación (Font: ACA y elaboración propia).....	50
Figura 59.- Análisis granulométricos de las 10 muestras distribuidas en las 2 alineaciones (Fuente: elaboración propia) .....	37	Figura 79.- Definición esquemática de la planta de una bahía en equilibrio (Fuente: Hsu y Evans) .....	52
Figura 60.- Estaciones de muestreo (AS1 a AS12) de la zona de aportación. (Fuente: Tecnoambiente) .....	37	Figura 80.- Valores de los coeficientes C0, C1 y C2 de la formulación parabólica (Fuente: Hsu y Evans) .....	52
Figura 61.- Gráficas de distribución granulométrica de las muestras. (Fuente: Tecnoambiente) .....	39	Figura 81.- Forma en planta de equilibrio estático. Playas encajadas no afectadas por desembocaduras (Fuente: GIOC (Universidad de Cantabria)) .....	53
Figura 62.- Características granulométricas de las muestras de la zona de dragado. (Fuente: Tecnoambiente) .....	40	Figura 82.- Ajuste considerando el polo en el extremo del dique del puerto de Aiguadolç .....	54
Figura 63.- Resultados granulométricos por perfiles (Fuente: elaboración propia) .....	40	Figura 83.- Ajuste considerando el polo en la esquina del contradique del puerto de Aiguadolç (Fuente: Elaboración propia) .....	54
Figura 64.- Resultados granulométricos por profundidades (Fuente: elaboración propia) .....	41	Figura 84.- Localización de la profundidad activa en la zona de estudio (Fuente: elaboración propia) .....	56
Figura 65.- Resumen de los resultados granulométricos por perfiles y profundidades (Fuente: elaboración propia) .....	41	Figura 85.- Perfil medido vs perfiles de equilibrio en la playa de Sant Sebastià (Fuente: elaboración propia).....	57
Figura 66.- Geomorfología del fondo marino en la zona de extracción (Fuente: elaboración propia) .....	43	Figura 86.- Relación entre II y PI a partir de datos de campo (Fuente: Shore Protection Manual, 1984) .....	59
Figura 67.- Distribución de la frecuencia relativa acumulada del nivel del mar respecto el 0 REDMAR (Fuente: PPEE) .....	43	Figura 87.- Calibración del modelo de Bailard para la definición de Ks (Fuente: Coastal Engineering Manual, 2002) .....	60
Figura 68.- Función de distribución extremal del nivel del mar -marea total- respecto el 0 REDMAR (Fuente: PPEE).....	44	Figura 88.- Calibración del modelo de Del Valle para la definición de Krms (Fuente: Coastal Engineering Manual, 2002) .....	60
Figura 69.- Localización de los datos empleados (Fuente: elaboración propia) .....	44	Figura 89.- Criterios de signo del programa LONGTRANS (Fuente: elaboración propia) .....	61
Figura 70.- Comparación de la información direccional de las diferentes fuentes de oleaje (Fuente: elaboración propia) .....	45	Figura 90.- Capacidad de transporte en la zona según el documento "Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa" (Fuente: DGSCM) .....	61
Figura 71.- Funciones de distribución medias escalares de Hs (Fuente: elaboración propia) .....	45	Figura 91.- Capacidad de transporte en la zona 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) .....	62
Figura 72.- Frecuencias de presentación de Tp. Izquierda: boya Barcelona II; centro: SIMAR 2062049; derecha; WANA 2105133 (Fuente: elaboración propia).....	46	Figura 92.- Límites de incidencia del oleaje en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia) .....	62
Figura 73.- Funciones de correlación lineal y exponencial Hs – Tp,50% (Fuente: elaboración propia) .....	46	Figura 93.- Alineación media de la batimetría en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia) ....	62
Figura 74.- Coeficientes de propagación (imagen superior) y direcciones locales y giros locales (imagen inferior) en un punto central de la playa de Sant Sebastià a una profundidad de -2 m (Fuente: elaboración propia) .....	46		

Figura 94.- Variación del transporte longitudinal neto en función de la alienación de la costa y la base de datos de oleaje. El valor positivo indica dirección NE a SW (Fuente: elaboración propia) .....	63	Figura 112.- Cartografía del LIC y ZEPA "Serres del Litoral Central" (Fuente: Generalitat de Catalunya) .....	73
Figura 95.- Capacidad de transporte longitudinal en las playas a levante de la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia) .....	63	Figura 113.- Cartografía del LIC y ZEPA "Costes del Garraf" (Fuente: Generalitat de Catalunya) .....	73
Figura 96.- Patrones de transporte para el oleaje morfológico del S (izquierda) y SSW (derecha) (Fuente: elaboración propia) .....	64	Figura 114.- Distribución de Posidonia Oceanica cerca de la zona de proyecto (Fuente: DGSCyM) ....	73
Figura 97.- Patrones de transporte para el oleaje Hs12. De izquierda a derecha: E, ESE, S y SSW (Fuente: elaboración propia) .....	65	Figura 115.- Cartografía de la ZEPA "Baix Llobregat-Garraf" (Fuente: MAPAMA) .....	74
Figura 98.- Variación del transporte longitudinal (fórmula de Kamphuis) en función de valor de Hs,0 (Fuente: elaboración propia) .....	65	Figura 116.- Restos arqueológicos en las proximidades de la obra (Fuente: Generalitat de Catalunya) .....	75
Figura 99.- Comparación de la profundidad activa (línea discontinua) con el patrón de transporte de sedimentos asociado al oleaje con una excedencia de 12 h/año (Fuente: elaboración propia) .....	66	Figura 117.- Elementos de paisaje en el entorno de la obra (Fuente: Observatori del Paisatge) .....	75
Figura 100.- Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià para el oleaje morfológico del SSW (Fuente: elaboración propia) .....	66	Figura 118.- Fotografías de la playa de Sant Sebastià (Fuente: MAPAMA) .....	76
Figura 101.- Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià (Fuente: elab. propia) .....	67	Figura 119.- Planta de la Alternativa finalmente escogida (Fuente: elaboración propia) .....	97
Figura 102.- Transporte en los 4 contornos de la celda representativa de la playa de Sant Sebastià y balance sedimentario para los temporales asociados a Hs,12 (Fuente: elaboración propia) .....	67	Figura 120.- Secciones tipo del espigón (Fuente: elaboración propia) .....	98
Figura 103.- Evolución histórica de la línea de costa desde 1995 (Fuente: CEDEX + ICC; CIIRC / Generalitat de Catalunya) .....	68	Figura 121.- Sección tipo de la aportación de arena (Fuente: elaboración propia) .....	98
Figura 104.- Evolución histórica de la línea de costa desde 1995 (Fuente: Elaboración propia) .....	68	Figura 122.- Perspectiva del hito en el arranque del espigón (Fuente: elaboración propia) .....	98
Figura 105.- Superposición aproximada de líneas de orilla de la playa de San Sebastián a partir de fotografías históricas (Fuente: elaboración propia) .....	68	Figura 123.- Planta de las alternativas inicialmente propuestas y sección tipo de la aportación de arena y del espigón de pie de apoyo (Fuente: Elaboración propia) .....	99
Figura 106.- Tasas de evolución histórica de la línea de costa en m/año (Fuente: CIIRC / Generalitat de Catalunya) .....	69	Figura 124.- Planta de la Variante 1 de la alternativa 2 (Fuente: Elaboración propia) .....	99
Figura 107.- Representación esquemática del movimiento de sedimento en la zona (Fuente: elaboración propia) .....	69	Figura 125.- Planta de la alternativa 5 base (izquierda) y variante (derecha) (Fuente: elaboración propia) .....	100
Figura 108.- Fondo sedimentario con restos biogénicos. (Fuente: Tecnoambiente) .....	71	Figura 126.- Comparación de la sección tipo A-A del espigón ejecutada por medios terrestres (arriba) y marítimos (abajo) (Fuente: elaboración propia) .....	100
Figura 109.- Fondo sedimentario de Cymodocea Nodosa. (Fuente: Tecnoambiente) .....	71		
Figura 110.- Draga de muestreo sobre el fondo de Cymodocea Nodosa. (Fuente: Tecnoambiente) ..	72		
Figura 111.- Espacios Red Natura 2000 en el entorno del proyecto. (Fuente: Tecnoambiente) .....	72		

### Índice de tablas

Tabla 1.- Conjunto de normativas que han sido tenidas en cuenta en la realización del estudio. ....	2
Tabla 2.- Comparación de las diferentes alternativas propuestas (Fuente: elaboración propia) .....	12
Tabla 3.- Presupuesto comparativo de las alternativas (Fuente: elaboración propia) .....	12
Tabla 4.- Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià para los temporales asociados a Hs,12. Situación actual y Alternativa 2 (Fuente: elaboración propia) .....	15
Tabla 5.- Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià para los temporales asociados a Hs,12. Situación actual y Solución base y Variante 1 de la Alternativa 2 (Fuente: elab. propia) .....	17

Tabla 6.- Comparación de alternativas añadiendo la Variante 1 de la Alternativa 2. (Fuente: elaboración propia) .....	18	Tabla 27.- Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià para los temporales asociados a Hs,12 (Fuente: elaboración propia) .....	67
Tabla 7.- Presupuesto comparativo de las alternativas (Fuente: elaboración propia) .....	18	Tabla 28.- Inventario español de hábitats marinos.....	71
Tabla 8.- Comparación de alternativas añadiendo la Solución Base y Variante 1 de la Alternativa 5. (Fuente: elaboración propia).....	20	Tabla 29.- Matriz causa / efecto del proyecto (Fuente: elaboración propia) .....	79
Tabla 9.- Presupuesto comparativo de las alternativas (Fuente: elaboración propia) .....	21	Tabla 30.- Comparación de la situación ambiental actual y tras las alternativas de actuación (Fuente: elaboración propia) .....	79
Tabla 10.- Comparación de la alternativa 2 (Base y Variante 1) considerando medios terrestres y marítimos en la ejecución de los espigones. (Fuente: elaboración propia .....	22	Tabla 31.- Técnicas empleadas en la valoración de impactos y limitaciones (Fuente: elaboración propia).....	74
Tabla 11.- Presupuesto comparativo de la alternativa 2 (Base y Variante 1) considerando medios terrestres y marítimos en la ejecución de los espigones (Fuente: elaboración propia .....	22	Tabla 32.- Criterios de valoración del impacto (Fuente: elaboración propia) .....	75
Tabla 12.- Relación de indicadores que se ha establecido entre los niveles de inmisión y el ICQA (Fuente: Generalitat de Catalunya) .....	25	Tabla 33.- Tipos de impacto considerados (Fuente: elaboración propia) .....	75
Tabla 13.- Superficie de las dos tipologías de fondo encontradas en la zona estudio. (Fuente: Tecnoambiente) .....	29	Tabla 34.- Matriz de impactos. Identificación y caracterización de los impactos ambientales negativos con anterioridad a la implantación de medidas reductoras (Fuente: elaboración propia) .....	87
Tabla 14.- Coordenadas de los transectos. (Fuente: Tecnoambiente) .....	32	Tabla 35.- Número de impactos por tipología (Fuente: elaboración propia) .....	88
Tabla 15.- Coordenadas de los puntos de inmersión. (Fuente: Tecnoambiente.....	32	Tabla 36.- Identificación de las medidas reductoras del impacto (Fuente: elaboración propia) .....	89
Tabla 16.- Resultados granulométricos de la zona de extracción. (Fuente: Tecnoambiente) .....	36	Tabla 37.- Reducción de la intensidad de los impactos (Fuente: elaboración propia) .....	91
Tabla 17.- Posición de las estaciones de muestreo en la zona de aportación. (Fuente: Tecnoambiente) .....	38	Tabla 38.- Matriz de impacto residual como aplicación de las medidas propuestas (Fuente: elaboración propia) .....	92
Tabla 18.- Resultados granulométricos de la zona de aportación. (Fuente: Tecnoambiente) .....	38	Tabla 39.- Alcance de los trabajos para la caracterización del estado preoperacional del medio (Fuente: elaboración propia) .....	93
Tabla 19.- Resultados granulométricos de la zona de aportación. (Fuente: Tecnoambiente) .....	38	Tabla 40.- Programa de muestreo para el seguimiento de la calidad del medio terrestre durante la fase de ejecución de las obras (Fuente: elaboración propia) .....	95
Tabla 20.- Resumen de los análisis granulométricos (Fuente: elaboración propia) .....	40	Tabla 41.- Programa de muestreo para el seguimiento de la calidad del agua durante la fase de ejecución de las obras (Fuente: elaboración propia) .....	95
Tabla 21.- Resultados para las 5 estaciones de sedimento de la zona de dragado. (Fuente: Tecnoambiente) .....	41	Tabla 42.- Programa de muestreo para el seguimiento de la calidad del sedimento durante la fase de ejecución de las obras (Fuente: elaboración propia) .....	96
Tabla 22.- Concentraciones límite en las arenas a aportar a playa y concentraciones medias registradas en las muestras de sedimento analizadas. (Fuente: Tecnoambiente).....	42	Tabla 43.- Presupuesta del Programa de Vigilancia Ambiental (Fuente: elaboración propia) .....	96
Tabla 23.- Evolución de los parámetros de control en el PVA 2005. (Fuente: Tecnoambiente) .....	50	Tabla 44.- Matriz de impactos. Identificación y caracterización de los impactos ambientales negativos con anterioridad a la implantación de medidas reductoras (Fuente: elaboración propia) .....	102
Tabla 24.- Resultados de la calidad del agua en las zonas de baño de la masa de agua MA-C17. En negrita se marcan las 2 playas incluidas en las zonas de actuación (Fuente: elaboración propia a partir de datos del ACA) .....	51	Tabla 45.- Reducción de la intensidad de los impactos (Fuente: elaboración propia) .....	105
Tabla 25.- Profundidades activa y de cierre para diferentes direcciones de oleaje incidentes (Fuente: elaboración propia) .....	55	Tabla 46.- Matriz de impacto residual como aplicación de las medidas correctoras propuestas (Fuente: elaboración propia) .....	105
Tabla 26.- Resultados de transporte de sedimentos obtenidos con el programa EROS (Fuente: elaboración propia) .....	65	Tabla 47.- Presupuesta del Programa de Vigilancia Ambiental (Fuente: elaboración propia) .....	107

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 EXPOSICIÓN DEL OBJETO DEL PROYECTO

El objeto de este proyecto es la definición de las actuaciones a llevar a cabo para la estabilización y regeneración de la playa de Sant Sebastià, en el T.M. de Sitges (Barcelona), la cual viene sufriendo continuo proceso de erosión por pérdida de arena. Las obras consisten fundamentalmente en la aportación de arena de origen marino, obtenida en las proximidades de la obra, junto al Puerto de Aiguadolç, y un espigón que estabilice la arena vertida en la playa.

### 1.2 FUNDAMENTOS DE DERECHO APPLICABLES A LA CALIFICACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO

La Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental establece en su artículo 7 que:

“1. Serán objeto de una **evaluación de impacto ambiental ordinaria** los siguientes proyectos:

- a) **Los comprendidos en el anexo I**, así como los proyectos que, presentándose fraccionados, alcancen los umbrales del anexo I mediante la acumulación de las magnitudes o dimensiones de cada uno de los proyectos considerados.
- b) **Los comprendidos en el apartado 2, cuando así lo decida caso por caso el órgano ambiental**, en el informe de impacto ambiental de acuerdo con los criterios del anexo III. (...)

2. Serán objeto de una **evaluación de impacto ambiental simplificada**:

- a) **Los proyectos comprendidos en el anexo II.**
- b) **Los proyectos no incluidos ni en el anexo I ni el anexo II que puedan afectar de forma apreciable, directa o indirectamente, a Espacios Protegidos Red Natura 2000.**”

El **Anexo I** (proyectos que han de ser sometidos a evaluación ordinaria) **incluye**, entre otros proyectos, los siguientes:

“Grupo 9. Otros proyectos.

a) **Los siguientes proyectos cuando se desarrollen en Espacios Naturales Protegidos, Red Natura 2000 y Áreas protegidas por instrumentos internacionales, según la regulación de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad:** (...)

- 4.º **Dragados fluviales cuando el volumen extraído sea superior a 20.000 metros cúbicos anuales, y dragados marinos cuando el volumen extraído sea superior a 20.000 metros cúbicos anuales.**”

En este caso el promotor ha de presentar un **Estudio de Impacto Ambiental (EIA)**, que tras ser sometido a información pública y estudiado por el órgano ambiental concluirá con una **Declaración de Impacto Ambiental (DIA)**.

El **Anexo II** (proyectos que han de ser sometidos a evaluación de impacto ambiental simplificada) **incluye**, entre otros proyectos, los siguientes:

Grupo 3. *Perforaciones, dragados y otras instalaciones mineras e industriales.* (...)

- d) **Extracción de materiales mediante dragados marinos** excepto cuando el objeto del proyecto sea mantener las condiciones hidrodinámicas o de navegabilidad.

Grupo 7. *Proyectos de infraestructuras.* (...)

- e) **Obras de alimentación artificial de playas** cuyo volumen de aportación de arena supere los 500.000 metros cúbicos o bien **que requieran la construcción de diques o espigones.** (...).
- h) **Obras costeras destinadas a combatir la erosión y obras marítimas que puedan alterar la costa**, por ejemplo, por la construcción de diques, malecones, espigones y otras obras de defensa contra el mar, excluidos el mantenimiento y la reconstrucción de tales obras y las obras realizadas en la zona de servicio de los puertos.”

En este caso el promotor ha de presentar un **Documento Ambiental** que tras ser sometido a información pública y estudiado por el órgano ambiental concluirá con un **Informe de Impacto Ambiental**.

El **Anexo III** (criterios para determinar si un proyecto del Anexo II debe someterse a evaluación de impacto ambiental ordinaria) tiene en cuenta las características del proyecto, su ubicación y las características de su impacto potencial.

En el apartado 2 del presente documento se efectúa una descripción del proyecto. Baste decir que las obras consisten fundamentalmente en la aportación de arena de origen marino, obtenida en las proximidades de la obra, junto al Puerto de Aiguadolç, y un espigón que estabiliza la playa. Por consiguiente se está en los supuestos de los apartados d) del Grupo 2 y e) y h) del Grupo 7 del Anexo II, lo que implica la necesidad de someter el proyecto a evaluación de impacto ambiental simplificada.

No existe legislación autonómica específica para evaluación de impacto ambiental de proyectos que contradiga o matice lo anterior.

La Figura 1.- muestra los Espacios Naturales Protegidos próximos a la zona de actuación (incluyendo la de aportación de arena como la de extracción / dragado. Puede concluirse que el dragado no se realiza dentro de ningún Espacio Natural Protegido, de manera que no se está dentro del supuesto a.4) del grupo 9 del Anexo I (que incluye aquellos proyectos que debe ser sometidos a evaluación de impacto ambiental ordinaria).

Por todo ello, teniendo en cuenta que no se prevé la extracción de arena dentro de ningún Espacio Natural Protegido y por tanto el Proyecto no se incluye en ninguna hipótesis del Anexo I sería suficiente con que el Proyecto fuera sometido a evaluación de impacto ambiental simplificada, ya que sí se incluye dentro de algunas de las hipótesis del Anexo II.



Figura 1.- Espacios Naturales Protegidos próximos a la zona de actuación: extracción de arena y aportación (Fuente: elaboración propia)

No obstante en la Figura 1.- se aprecia que la zona de extracción de arenas sí se encuentra muy próxima al Espacio Natural 'Costes del Garraf' (código ES5110020), perteneciente a la Red Natura 2000. Además, tal como puede apreciarse en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muy cerca de la obra se encuentra una zona con *Cymodocea Nodosa*, fanerógama con alto grado de protección (lo cual será tenida en cuenta a la hora de definir las medidas mitigadoras del presente documento).



Figura 2.- Ubicación de *Cymodocea Nodosa* (manchas de color verde) en las proximidades de la obra (Fuente: elaboración propia)

Por todo ello **se propone**, en virtud de lo establecido en el artículo 7.1.d de la Ley 21/2013, que el proyecto sea sometido al procedimiento de evaluación de impacto ambiental ordinaria.

### 1.3 MARCO LEGAL

La legislación aplicable a estos estudios sigue las directivas de la Unión Europea y la normativa desarrollada por las diferentes administraciones con competencias en materia medioambiental (estatal y autonómica); en la Tabla 1 se recopilan las principales disposiciones que son de aplicación. Comprende, fundamentalmente, los aspectos referidos a la protección de especies singulares (especialmente las praderas de fanerógamas marinas) y espacios naturales, así como los procedimientos de evaluación del impacto y la legislación específica de costas.

Tabla 1.- Conjunto de normativas que han sido tenidas en cuenta en la realización del estudio.

Evaluación del impacto ambiental
<ul style="list-style-type: none"> <li>Directiva 97/11/CE relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.</li> <li>Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental</li> </ul>
Normativa básica de Puertos y Costas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ley 41/2010, de 29 de diciembre de Protección del Medio Marino.</li> <li>Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante</li> <li>Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas</li> <li>Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas.</li> </ul>
Vertidos y gestión de los materiales de dragado
<ul style="list-style-type: none"> <li>Orden 10833/1976, de 26 de mayo de 1976, que supone la adhesión de España a los convenios de Oslo y Londres sobre el vertido al mar de sustancias contaminantes.</li> <li>Real Decreto 258/89, de 10 de marzo, por el que se establece la normativa general sobre vertidos de sustancias peligrosas desde tierra a mar.</li> <li>"Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo terrestre" elaboradas por la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas en 2.014</li> </ul>

### 1.4 PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

El presente informe constituye un documento técnico de carácter ambiental en el que a partir de la descripción en profundidad de las condiciones actuales del medio, se identifican los impactos más importantes que se producirán a consecuencia de la obra proyectada, el establecimiento de medidas correctoras y la propuesta de un programa de seguimiento ambiental.

Los estudios de evaluación de ambiental constituyen un instrumento de análisis de los proyectos de obras en las que cabe suponer "a priori" alguna alteración sobre la calidad del medio ambiente, con el fin de identificar las principales incidencias negativas y proponer las medidas oportunas. La

realización de estas evaluaciones son obligatorias en determinados proyectos que se recogen en la normativa.

En el caso de una evaluación de impacto ambiental ordinaria el promotor debe presentar ante el órgano sustantivo un Estudio de Impacto Ambiental con el siguiente contenido:

- a) Descripción general del proyecto y previsiones en el tiempo sobre la utilización del suelo y de otros recursos naturales. Estimación de los tipos y cantidades de residuos vertidos y emisiones de materia o energía resultantes.
- b) Exposición de las principales alternativas estudiadas, incluida la alternativa cero, o de no realización del proyecto, y una justificación de las principales razones de la solución adoptada, teniendo en cuenta los efectos ambientales.
- c) Evaluación y, si procede, cuantificación de los efectos previsibles directos o indirectos, acumulativos y sinérgicos del proyecto sobre la población, la salud humana, la flora, la fauna, la biodiversidad, la geodiversidad, el suelo, el subsuelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el cambio climático, el paisaje, los bienes materiales, incluido el patrimonio cultural, y la interacción entre todos los factores mencionados, durante las fases de ejecución, explotación y en su caso durante la demolición o abandono del proyecto.  
Cuando el proyecto pueda afectar directa o indirectamente a los espacios Red Natura 2000 se incluirá un apartado específico para la evaluación de sus repercusiones en el lugar, teniendo en cuenta los objetivos de conservación del espacio.
- d) Medidas que permitan prevenir, corregir y, en su caso, compensar los efectos adversos sobre el medio ambiente.
- f) Programa de vigilancia ambiental.
- g) Resumen del estudio y conclusiones en términos fácilmente comprensibles.

## 1.5 OBJETIVOS

El objetivo global del presente Estudio es común con cualquier evaluación de impacto y se basa en aportar los criterios que permitan el diseño de la obra objeto de análisis en condiciones que produzcan un mínimo impacto sobre el entorno de acuerdo con el marco normativo de aplicación.

Esto supone la consecución de una serie de objetivos generales y parciales, que se corresponden con las distintas fases de desarrollo de los trabajos:

- Realización de un inventario ambiental completo con la descripción del entorno del proyecto y análisis de las principales interacciones de tipo ecológico.
- Examen de las alternativas técnicamente viables, que son consideradas a nivel de anteproyecto, y justificación de la solución adoptada en función de su idoneidad ambiental.
- Análisis de las características básicas del proyecto constructivo a fin de identificar todos los elementos susceptibles de generar alguna acción ambiental de tipo negativo.
- Identificación y evaluación del impacto sobre los principales elementos del medio (agua, comunidades naturales, medio litoral, paisaje, etc.) en base al conocimiento del medio

obtenido a través de los trabajos de campo realizados, tanto de la solución escogida como en cada una de las alternativas que puedan estar planteadas a nivel técnico.

- Propuesta de medidas correctoras encaminadas a minimizar el impacto residual y
- Elaboración de un programa de vigilancia y seguimiento ambiental, tanto a corto como a largo plazo.

## 1.6 FUENTES DE INFORMACIÓN UTILIZADAS

El conocimiento de las condiciones del medio sobre el que se actuará se resuelve en un doble plano de observación:

- a) Características generales sobre un marco espacial y temporal amplio, a base de la recopilación y análisis de los antecedentes disponibles. Esta fase del trabajo es muy importante cuando se trata de un entorno de comportamiento marcadamente estacional (como es el caso del Mediterráneo) y en el que la campaña de muestreo abarca únicamente una situación determinada del ciclo anual. El conjunto de la información documental referida a las condiciones climáticas, hidrográficas, ecológicas y socioeconómicas utilizadas se relaciona en el capítulo de bibliografía.
- b) Características particulares del medio en el área de actuación a base de los estudios básicos realizados sobre la zona y que aportan los antecedentes fundamentales para la realización del análisis del impacto. En este caso, el estudio que aporta el antecedente básico para la descripción de las condiciones del medio son los trabajos de campo encargados por MARCIGLOB CONSULTANCY SOLUTIONS a la firma TECNOAMBIENTE, S.L y realizados durante los meses de febrero y marzo de 2016. Estos trabajos han consistido en la realización de un estudio topo-batimétrico, una caracterización geomorfológica de los fondos, la recogida de muestras de sedimentos submarinas y de playa, así como el estudio de la caracterización bionómica de los fondos de la zona de estudio. Todo ello se ha realizado tanto en la zona de extracción de arena como en la de aportación.

Teniendo en cuenta el tipo de obra y su magnitud (dragado y posterior vertido de solamente 24.030 m<sup>3</sup> de arena marina y 5.022 m<sup>3</sup> de escollera) así como las medidas mitigadoras que se adoptarán, de acuerdo a lo indicado en el apartado 6.4 de este Estudio de Impacto Ambiental, se considera que la obra no va a afectar al medio ambiente de una manera significativa. Además debe tenerse en cuenta que de una manera periódica el Puerto de Aiguadolç viene realizando dragados de mantenimiento de la bocana en esta zona.

## 1.7 ESTRATEGIAS MARINAS Y OBJETIVOS AMBIENTALES DE LA DEMARCACIÓN LEVANTINO BALEAR

La Ley 41/2010, de 29 de diciembre de Protección del Medio Marino establece que las Estrategias marinas son los instrumentos de planificación de cada demarcación marina y constituyen el marco general al que deberán ajustarse necesariamente las diferentes políticas sectoriales y actuaciones administrativas con incidencia en el medio marino de acuerdo con lo establecido en la legislación sectorial correspondiente.

La Ley establece que el medio marino español se divide en diferentes regiones y subregiones marinas. Dentro de la Región del Mar Mediterráneo se establecen diferentes subdivisiones, denominadas demarcaciones marinas. La zona de actuación se incluye en la denominada *Demarcación marina levantino-balear*, que corresponde al medio marino en el que España ejerce soberanía o jurisdicción comprendido entre una línea imaginaria con orientación 128° respecto al meridiano que pasa por el cabo de Gata, y el límite de las aguas jurisdiccionales entre España y Francia en el Golfo de León.

La citada Ley también establece que los objetivos ambientales son la expresión cualitativa o cuantitativa del estado deseado de los diversos componentes del medio marino con respecto a cada Demarcación marina, así como de las presiones y los impactos sobre dicho medio. Sobre la base de la evaluación inicial, se llevará a cabo una propuesta de objetivos ambientales e indicadores asociados para el medio marino respecto de cada demarcación marina con el objeto de conseguir un buen estado ambiental, teniendo en cuenta para ello las presiones y los impactos enumerados en el cuadro 2 del anexo I de dicha Ley.

Por lo que respecta a la Estrategia marina de la Demarcación marina levantino-balear figuran los siguientes:

**Objetivo ambiental A.1.1:**

Reducir la intensidad y área de influencia de las presiones antropogénicas significativas sobre los hábitats bentónicos, con especial atención a los hábitats biogénicos y/o protegidos que representan puntos calientes de biodiversidad y son clave para asegurar los servicios y funciones del medio marino: praderas de fanerógamas marinas, hábitats de roca infralitoral y circalitoral, fondos de maërl, comunidades profundas de corales de aguas frías, comunidades dominadas por pennatuláceos, agregaciones de esponjas circalitorales y profundas y jardines de coral. En particular evitar la pesca con artes y aparejos de fondo sobre los hábitats y paisajes submarinos más sensibles, como los montes submarinos, comunidades de coralígeno y maërl y praderas de fanerógamas; evitar o reducir el fondeo sobre los hábitats de roca infralitoral y circalitoral y praderas de fanerógamas marinas; evitar o reducir la construcción de infraestructuras que puedan afectar a hábitats de roca infralitoral y circalitoral y praderas de fanerógamas marinas; evitar/reducir los efectos directos e indirectos de los dragados sobre los hábitats bentónicos vulnerables; y evitar los efectos adversos de la explotación de recursos marinos no renovables sobre los hábitats biogénicos y/o protegidos.

**Objetivo ambiental A.1.2:**

Minimizar las posibilidades de introducción o expansión secundaria de especies alóctonas, atendiendo directamente a las vías y vectores antrópicos de translocación (evitar escapes en instalaciones de acuicultura o acuariofilia, evitar el transporte y liberación al medio de especies asociadas a las cultivadas en áreas fuera de su rango natural, control de aguas de lastre, control de cebos vivos, control del vertido de sedimentos, control del fondeo o limpieza de cascos).

**Objetivo ambiental A.1.3:**

Erradicar o disminuir, preferentemente en las fases iniciales de los procesos invasivos, la abundancia de especies invasoras para relajar la presión sobre el hábitat, en aquellos casos en que las pérdidas en términos económicos o de biodiversidad sean significativas, y siempre y cuando sea técnicamente viable y no se causen daños colaterales.

**Objetivo ambiental A.1.4:**

Reducir las principales causas de mortalidad y disminución de las poblaciones de grupos de especies no comerciales en la cima de la cadena trófica (mamíferos marinos, reptiles, aves marinas, elasmobranquios pelágicos y demersales), tales como capturas accidentales, colisiones con embarcaciones, ingestión de basuras marinas, depredadores terrestres introducidos, contaminación, destrucción de hábitats y sobrepesca.

**Objetivo ambiental A.1.5:**

Prevenir los impactos sobre las redes tróficas del cultivo de especies marinas, con especial atención al cultivo de las especies no nativas y poco comunes.

**Objetivo ambiental A.1.6:**

Impulsar una regulación para evitar la explotación comercial y las capturas accesorias de los elasmobranquios de profundidad incluidos en los anejos de la legislación nacional, las directivas europeas y los convenios internacionales aplicables.

**Objetivo ambiental A.1.7:**

Establecer un sistema nacional de coordinación de los programas de seguimiento de capturas accidentales de aves, reptiles y mamíferos marinos, varamientos de reptiles y mamíferos, y aves orilladas.

**Objetivo ambiental A.1.8:**

Desarrollar iniciativas de recuperación de especies y restauración de hábitats cuando su deterioro comprometa el logro del buen estado ambiental de los descriptores de biodiversidad.

**Objetivo ambiental A.1.9:**

Garantizar una vigilancia adecuada del medio marino, a través de sistemas remotos y/o in situ.

**Objetivo ambiental A.2.1:**

Impulsar la Red de Áreas Marinas Protegidas de España en la demarcación levantino-balear, de manera que proteja adecuadamente los hábitats biogénicos, hábitats protegidos y otros

identificados en la evaluación inicial como de especial interés, incluyendo una proporción suficiente de los mismos y aplicando medidas de gestión específicas.

**Objetivo ambiental A.2.2:**

Completar la Red Natura 2000 en la demarcación levantino-balear, mediante la designación de las IBA (Important Bird Areas) marinas como Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), la propuesta de nuevos Lugares de Importancia Comunitaria y la elaboración y aplicación de planes de gestión que aseguren la preservación de los valores por los que se declaran estos espacios.

**Objetivo ambiental A.3.1:**

Mantener estable la distribución de tallas de las especies de peces teleósteos y elasmobranquios demersales y bentónicos considerados grandes (según la talla umbral establecida para la demarcación levantino-balear en el indicador 4.2.1. de la evaluación inicial) en la serie histórica de las campañas científicas de evaluación de recursos, de forma que no se observen tendencias decrecientes entre evaluación y evaluación.

**Objetivo ambiental A.3.2:**

Mantener el CSF (estado de conservación de peces), calculado a partir de las campañas científicas de evaluación de recursos con peces considerados grandes (según la talla umbral establecida para la demarcación levantino-balear en el indicador 4.2.1. de la evaluación inicial), por debajo de 1, en la escala de vulnerabilidad de la IUCN (0: no vulnerable, 1: vulnerable, 2: amenazado, 3: en peligro de extinción).

**Objetivo ambiental A.3.3:**

Mantener el rango de distribución de las especies, de manera que no se evidencien disminuciones del mismo en un número de especies que estadísticamente no se puedan considerar debidos a la variabilidad natural y climática.

**Objetivo ambiental A.3.4:**

Mantener tendencias positivas o estables de las poblaciones de especies clave y predadores apicales (mamíferos marinos, reptiles, aves marinas y peces) y en el caso de especies explotadas comercialmente, mantenerlas dentro de límites biológicos seguros.

**Objetivo ambiental A.3.5:**

Mantener tendencias positivas o estables en el área de distribución de los hábitats biogénicos y/o hábitats protegidos y hábitats singulares.

**Objetivo ambiental A.3.6:**

Mantener los parámetros y tendencias de los descriptores de estado o condición de las comunidades bentónicas (y sus diferentes facies y asociaciones) dentro de valores que garanticen su perdurabilidad y funcionamiento, así como el mantenimiento de sus especies características, especies clave y singulares.

**Objetivo ambiental B.1.1:**

Reducir el volumen de vertidos directos o indirectos sin tratamiento adecuado (vertidos industriales, aguas residuales, descargas desde ríos, escorrentías,...) al medio marino, así como mejorar la eficiencia de las estaciones de depuración y redes de alcantarillado para minimizar el aporte de basuras, contaminantes y nutrientes al medio marino.

**Objetivo ambiental B.1.2:**

Reducir la frecuencia de vertidos sin tratamiento adecuado al mar desde embarcaciones y plataformas.

**Objetivo ambiental B.1.3:**

No sobrepasar los valores de base de nitrato y fosfato con más frecuencia de lo esperable estadísticamente debido a variabilidad hidrológica en toda la demarcación levantino-balear.

**Objetivo ambiental B.1.4:**

No sobrepasar los valores de base de la clorofila a con más frecuencia de lo esperable estadísticamente debido a variabilidad hidrológica en toda la demarcación levantino-balear.

**Objetivo ambiental B.1.5:**

Reducir la cantidad de basuras marinas generadas por fuentes tanto terrestres como marítimas.

**Objetivo ambiental B.1.6:**

Reducir de manera general en la demarcación levantino-balear el número total de objetos visibles de basura marina en la línea de costa para el año 2020.

**Objetivo ambiental B.1.7:**

Reducir o no aumentar la superficie de la plataforma continental afectada por basuras derivadas de la pesca a partir de los niveles de referencia establecidos en 2012.

**Objetivo ambiental B.1.8:**

Reducir o no aumentar las cantidades de basura marina derivadas de la pesca (dadas en peso por unidad de área) en la plataforma continental con respecto a los niveles de referencia establecidos en 2012.

**Objetivo ambiental B.1.9:**

Garantizar que los niveles de ruido submarino no generan impactos significativos en la biodiversidad marina.

**Objetivo ambiental B.2.1:**

No superar los niveles de contaminantes establecidos en biota por las autoridades competentes y por los organismos internacionales, y que las tendencias temporales sean decrecientes o permanezcan estables si las concentraciones están lo suficientemente cercanas al nivel basal.

**Objetivo ambiental B.2.2:**

Mantener tendencias temporales decrecientes o estables en los niveles de contaminantes en sedimentos.

**Objetivo ambiental B.2.3:**

No superar los niveles biológicos de respuesta a la contaminación en organismos indicadores para los que existen criterios establecidos por las autoridades competentes y por los organismos internacionales, y que éstos se mantengan dentro de sus rangos de respuestas basales, o se aproximen a este rango, a lo largo del tiempo.

**Objetivo ambiental B.2.4:**

Minimizar la incidencia y magnitud de los eventos significativos de contaminación aguda (por ejemplo, vertidos accidentales de hidrocarburos o productos químicos) y su impacto sobre la biota, a través de procesos adecuados de análisis de riesgos.

**Objetivo ambiental B.2.5:**

Para los contaminantes legislados, no superar para ninguna especie destinada al consumo humano los contenidos máximos permitidos (CMP) establecidos por la legislación comunitaria u otras normas pertinentes para la protección de la salud pública.

**Objetivo ambiental B.3.1:**

Impulsar estudios que permitan cuantificar el impacto de la deposición atmosférica sobre la productividad en la demarcación levantino-balear.

**Objetivo ambiental B.3.2:**

Mejorar el conocimiento de la contaminación presente en el medio marino, así como de los efectos biológicos que se producen en el conjunto de la demarcación, atendiendo a la cobertura espacial, su evolución temporal y a los grupos de contaminantes y efectos biológicos que se consensúen a nivel nacional, regional o europeo.

**Objetivo ambiental B.3.3:**

Mejorar el conocimiento sobre las características e impactos de las basuras marinas, incluyendo su origen y dispersión.

**Objetivo ambiental B.3.4:**

Mejorar el conocimiento sobre el ruido submarino y otras entradas de energía en el medio marino, así como los impactos que generan en la biodiversidad marina.

**Objetivo ambiental C.1.1:**

Mantener actualizados tanto los listados de especies amenazadas como la evaluación de sus poblaciones.

**Objetivo ambiental C.1.2:**

Fomentar la cooperación internacional en el estudio y seguimiento de las poblaciones de aquellos grupos de amplia distribución geográfica (por ejemplo, cetáceos y reptiles).

**Objetivo ambiental C.1.3:**

Garantizar la participación social en la estrategia marina de la demarcación levantino-balear a través de iniciativas de difusión, sensibilización, educación ambiental voluntariado e implicación de los sectores interesados en el medio marino.

**Objetivo ambiental C.1.4:**

Lograr una adecuada coordinación de las administraciones públicas, instituciones y sectores en la demarcación levantino-balear que desarrollan trabajos relacionados con en el medio marino, de manera que se eviten duplicidades y se aprovechen sinergias.

**Objetivo ambiental C.1.5:**

Desarrollar planes de ordenación para las actividades marinas recreativas, y/o los usos derivados de estas actividades, tales como fondeo embarcaciones, submarinismo, pesca recreativa, deportes náuticos, avistamiento de cetáceos, etc. para cada zona de la demarcación levantino-balear donde estas actividades tengan relevancia.

**Objetivo ambiental C.1.6:**

Garantizar que los stocks pesqueros estén gestionados adecuadamente, de manera que se mantengan dentro de límites biológicos seguros.

**Objetivo ambiental C.2.1:**

Garantizar que la superficie afectada por alteraciones físicas permanentes causadas por actividades humanas sea una proporción reducida del área total de la demarcación levantino-balear.

**Objetivo ambiental C.2.2:**

Garantizar que las alteraciones físicas localizadas y permanentes causadas por actividades humanas no amenacen la perdurabilidad y funcionamiento de los hábitats biogénicos y/o protegidos, ni comprometan el logro o mantenimiento del BEA para estos hábitats.

**Objetivo ambiental C.2.3:**

Adoptar medidas de mitigación en los tramos de costa en los que las alteraciones físicas permanentes causadas por actividades humanas hayan producido una afección significativa, de manera que las propiedades hidrográficas e hidrodinámicas sean compatibles con la conservación de los hábitats.

**Objetivo ambiental C.2.4:**

Garantizar que los estudios de impacto ambiental de los proyectos que puedan afectar al medio marino se lleven a cabo de manera que se tengan en cuenta los impactos potenciales derivados de los cambios permanentes en las condiciones hidrográficas, incluidos los efectos acumulativos, en las escalas espaciales más adecuadas, siguiendo las directrices desarrolladas para este fin.

**Objetivo ambiental C.2.5:**

Promover que los ecosistemas marinos dependientes de las plumas asociadas a las desembocaduras de los ríos sean tenidos en cuenta al fijar los caudales ecológicos en la elaboración de los planes hidrológicos.

**Objetivo ambiental C.3.1:**

Mejorar el acceso a la información disponible sobre el medio marino, en particular en lo referente a los descriptores del buen estado ambiental, las presiones e impactos y los aspectos socioeconómicos, así como asegurar la calidad de esta información.

**Objetivo ambiental C.3.2:**

Aumentar el conocimiento de los fondos marinos, especialmente de su relieve, morfología, composición, profundidad y las variables asociadas a ésta, que influyen en la distribución de los hábitats.

**Objetivo ambiental C.3.3:**

Mejorar y completar el conocimiento existente sobre la extensión, distribución, estructura y estado de los hábitats costeros (hasta 50 m) y sus tendencias a largo plazo, con especial atención a las comunidades de roca infra- y circalitoral, las comunidades de afloramientos rocosos de plataforma no asociados a la línea de costa, las praderas de angiospermas marinas (*P. oceanica*, *C. nodosa*, *Z. noltii* y *Ruppia* sp), los tipos de comunidades de fondos blandos y ecosistemas lagunares de aguas costeras.

**Objetivo ambiental C.3.4:**

Incrementar el conocimiento sobre la extensión, distribución, estructura y estado de los hábitats profundos (> 50 m) y sus tendencias a largo plazo, con especial atención a los hábitats biogénicos y hábitats protegidos, montes, cañones y volcanes de fango submarinos, fondos rocosos y detriticos circalitorales y por debajo de los 1000 metros de profundidad.

**Objetivo ambiental C.3.5:**

Ampliar el conocimiento sobre el efecto de las actividades humanas sobre los hábitats, especialmente los biogénicos y protegidos, sus especies, poblaciones y comunidades, su sensibilidad, límites de tolerancia y capacidad adaptativa y de aclimatación, especialmente en relación a las actividades pesqueras, las construcción de infraestructuras, los dragados, la extracción de recursos marinos no renovables, la contaminación y la interacción con los efectos del cambio climático (acidificación, calentamiento, etc.).

**Objetivo ambiental C.3.6:**

Incrementar el conocimiento sobre la presencia, distribución espacial, abundancia e impacto de las especies alóctonas, especialmente aquellas con potencial invasor, promoviendo estudios específicos e impulsando el desarrollo de redes de seguimiento y su coordinación a escala nacional.

**Objetivo ambiental C.3.7:**

Disponer de información que permita evaluar el estado actual con relación al BEA sobre la base de un mayor número de los stocks comercialmente importantes, dentro del cual se identifican los siguientes objetivos específicos:

- Seguimiento y obtención de información básica para especies que hasta ahora no formaban parte de programas de seguimiento y que han sido incluidas en la lista de especies seleccionadas para el descriptor 3.
- Mejorar el conocimiento del estado de los stocks seleccionados que actualmente no cuentan con evaluaciones que den lugar a indicadores principales o secundarios (según la definición de dichos indicadores establecida en la Decisión de la Comisión 2010/477/UE).
- Avanzar en la determinación de valores de referencia precautorios y de gestión.

**Objetivo ambiental C.3.8:**

Incrementar el conocimiento de las redes tróficas tanto de la franja costera como de los ecosistemas de profundidad, incluyendo el estudio de organismos clave así como el efecto de las variaciones estacionales, con miras a desarrollar nuevos indicadores para evaluar en el futuro el estado de las redes tróficas y así definir adecuadamente el Buen Estado Ambiental de las mismas.

**Objetivo ambiental C.3.9:**

Impulsar un sistema nacional de seguimiento de la variabilidad hidrográfica e hidrodinámica oceánica y establecer un sistema objetivo de alertas según la aparición de anomalías climáticas que puedan someter a presión a los diferentes ecosistemas marinos. El sistema debe incluir un registro de variables tanto hidrográficas como biológicas, así como de eventos masivos y extremos que se produzcan en los ecosistemas marinos tales como: blooms planctónicos inusuales, aparición de especies no habituales en determinada zona y época del año, ocurrencia masiva de especies o de procesos (mortalidad, reproducción), etc.

**Objetivo ambiental C.3.10:**

Asegurar la trazabilidad de los productos de la pesca para conocer su procedencia geográfica, nombre científico de la especie, así como sus parámetros biométricos (sexo y talla), de modo que la información obtenida en los diferentes controles oficiales para observar el cumplimiento de la legislación existente de la posible presencia de agentes químicos en las especies destinadas al consumo humano pueda ser utilizada en la evaluación del buen estado ambiental respecto a contaminantes en el pescado.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y DE SUS ALTERNATIVAS

### 2.1 OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del "Proyecto de estabilización de la playa de Sant Sebastià; T.M. de Sitges (Barcelona)" es analizar la problemática actual que sufre la playa de Sant Sebastià, con una pérdida continuada de playa seca, buscar los motivos de dicho comportamiento, proponer diferentes alternativas de actuación, proponer la más adecuada tras un análisis técnico, ambiental y económicos y desarrollar la propuesta seleccionada a nivel de Proyecto Constructivo.

### 2.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Además de las propias actuaciones estructurales requeridas para la realización de la propuesta estudiada, cualquier proyecto admite tres familias básicas de alternativas (además de la alternativa cero que representaría no actuar ante la regresión de la playa lo que evidentemente no resolvería el problema). En el caso del presente proyecto esto se concreta en:

- **Alternativas de proceso.** Consiste en satisfacer la necesidad de áridos por un procedimiento distinto a la explotación de un yacimiento submarino (por ejemplo, yacimiento terrestre o arenas de machaqueo) o bien por alguno de los procedimientos alternativos de "carácter blando". También abarca las distintas posibilidades de resolver en planta el problema planteado en la zona de regresión.

Cuando se trata de "ampliar" la superficie de una playa y la ampliación hacia tierra no es posible por razones urbanísticas (existencia de una trama urbana consolidada y acorde a la planificación urbanística municipal), biológicas (de interés de las comunidades terrestres) o físicas (acantilados), no existen alternativas posibles a la de aportación de arena, ya sea por la técnica de alimentación completa, rigidización total o alguna intermedia.

En la mayor parte de las obras de ampliación o acondicionamiento de playas, que obedece principalmente a la necesidad de mantener estable la línea de costa frente a la erosión y a la subida del nivel del mar sin olvidar los condicionantes socioeconómicos, el material de aportación procede de yacimientos marinos, cuyo encaje en el medio perceptual y socioeconómico es superior al de un árido procedente de ramblas o de machaqueo.

Las denominadas soluciones alternativas blandas de "recuperación de sistemas dunares", "interferencia eólica", etc., sólo pueden considerarse como tales cuando existe una reserva de áridos suficiente en la propia playa, pero no cuando existe un déficit crónico de arena en el sistema. Hay que tener en cuenta además el condicionante temporal ya que cuando se plantea actuar en una playa en proceso de regresión, los resultados se esperan a corto plazo para poder proteger eficazmente una serie de bienes amenazados. Estas soluciones difícilmente

pueden resolver el problema que actualmente plantea el estado de regresión de la playa de Sant Sebastià.

- **Alternativas de volumen.** Consiste en disminuir las necesidades de préstamos a base de reducir la anchura de playa seca. No es por tanto una alternativa comparable en el sentido de que no satisface los mismos objetivos planteados en el Proyecto en cuando a la anchura final de la playa.
- **Alternativas de localización.** Consiste básicamente en obtener las arenas en un yacimiento marino diferente o bien en la explotación de áreas distintas dentro de un mismo yacimiento. En el proyecto solamente se ha planteado el empleo de arena de origen marino, ya que las características de la arena nativa (fina con un tamaño medio en el entorno de los 0,200 mm) desaconseja el empleo de arena terrestre, ya que en general es de un tamaño mucho superior lo cual la hace poco apta para el proyecto; además la arena de origen terrestre suele tener un porcentaje de finos mucho más elevado que generan turbidez al ser vertida en el agua, lo cual es desaconsejable dada la presencia de fanerógamas marinas cerca de la zona de actuación.

### 2.2.1 PROPUESTA INICIAL DE ALTERNATIVAS

De acuerdo con todo lo anterior las alternativas de estabilización de la playa de Sant Sebastià deben pasar, además de un aporte inicial de arena que permita una recuperación de la anchura de playa seca, por unas obras que reduzcan las causas de la pérdida de arena y que son el transporte longitudinal y el transporte transversal.

Téngase en cuenta que en el caso que solamente se proyectase una aportación de arena sin ninguna medida adicional no se podrá garantizar la estabilidad de dicho sedimento, que acabaría erosionándose, tal como ha sucedido en el pasado.

La construcción de un espigón perpendicular a la playa (hasta una profundidad en el entorno de los -3/-3,5 metros) actuaría directamente sobre el transporte longitudinal de arenas y probablemente además frenaría la creación de las corrientes de retorno que conducen la arena hacia profundidades mayores. Dado el carácter altamente fluctuante del oleaje, a priori no resulta evidente el lateral de la playa donde hay que ubicarlo, si a levante o a poniente, por lo que se van a analizar las consecuencias previsibles que provocaría uno u otro.

De todos modos teniendo en cuenta la presencia de *Cymodocea Nodosa* a partir de una profundidad de -3,75 m y el perfil que adoptará la nueva playa en función del tamaño medio de la arena de la regeneración se producirá un aterramiento de parte de dicha pradera, por lo que es necesario construir un espigón de pie de apoyo paralelo a la costa que retenga el perfil sumergido de la playa y evite dicho aterramiento. Por consiguiente este pie de apoyo será considerado en todas las propuestas.

#### 2.2.1.1 Alternativa 1: aportación de arena y espigón de pie de apoyo

Consiste en la aportación de aproximadamente 31.800 m<sup>3</sup> de arena de origen marino que permita un avance medio de la línea de orilla de 25 metros y la construcción de un espigón de pie de apoyo de 269 m de

longitud coronado a la cota -2,00. Su planta se muestra en la Figura 3.- y en el plano A7.1. Dado que el espigón debe construirse por medios terrestres será necesaria la construcción de un camino de acceso por uno de los extremos de la playa, que posteriormente deberá ser retirado. La construcción de dicho camino provisional ha sido tenida en cuenta tanto en la valoración de impactos como en el presupuesto.

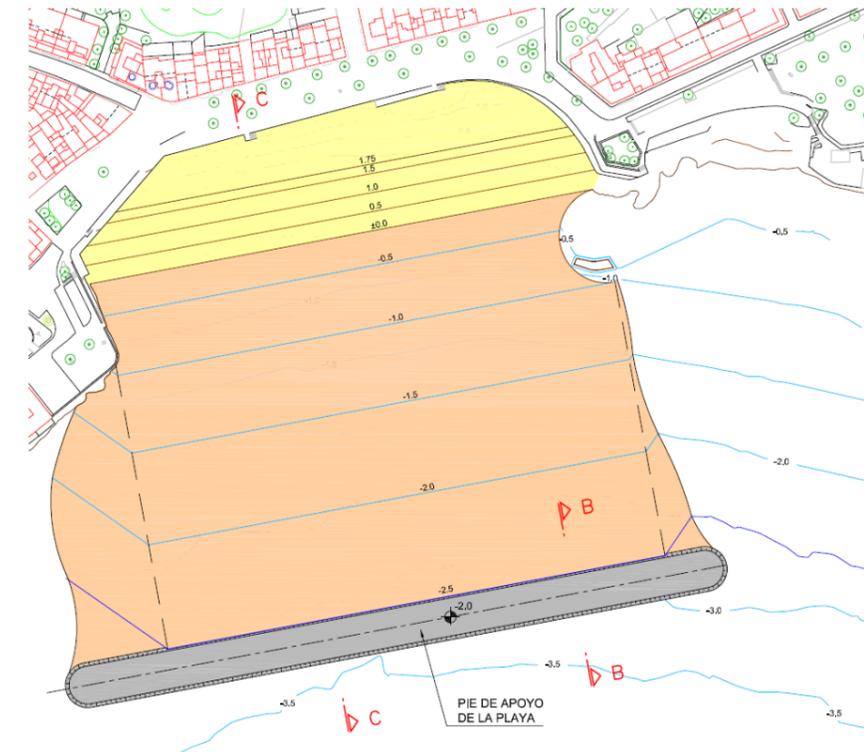


Figura 3.- Planta de la Alternativa 1. (Fuente: Elaboración propia)

Tal como se ha indicado, esta alternativa no resolvería el problema a medio plazo ya que la arena seguiría siendo arrastrada por las corrientes y por tanto la playa continuaría erosionándose.

#### 2.2.1.2 Alternativa 2: aportación de arena, espigón a levante de la playa y pie de apoyo

Consiste en la misma aportación de arena de origen marino (unos 31.800 m<sup>3</sup>) que la alternativa 1 y la construcción de un espigón perpendicular a la costa a levante de la playa con una longitud de 150 m y coronado a la cota -0,25 (con objeto de reducir el impacto paisajístico) y de un espigón de pie de apoyo de 244 m de longitud coronado a la cota -2,00. Su planta se muestra en la Figura 4.- y en el plano A7.2 (hoja 1). Tal como se ha comentado, con objeto de minimizar el impacto paisajístico los espigones se coronarían por debajo del nivel del mar (a la cota -0,25 m) ya que su eficacia para detener el transporte de arenas es prácticamente la misma.

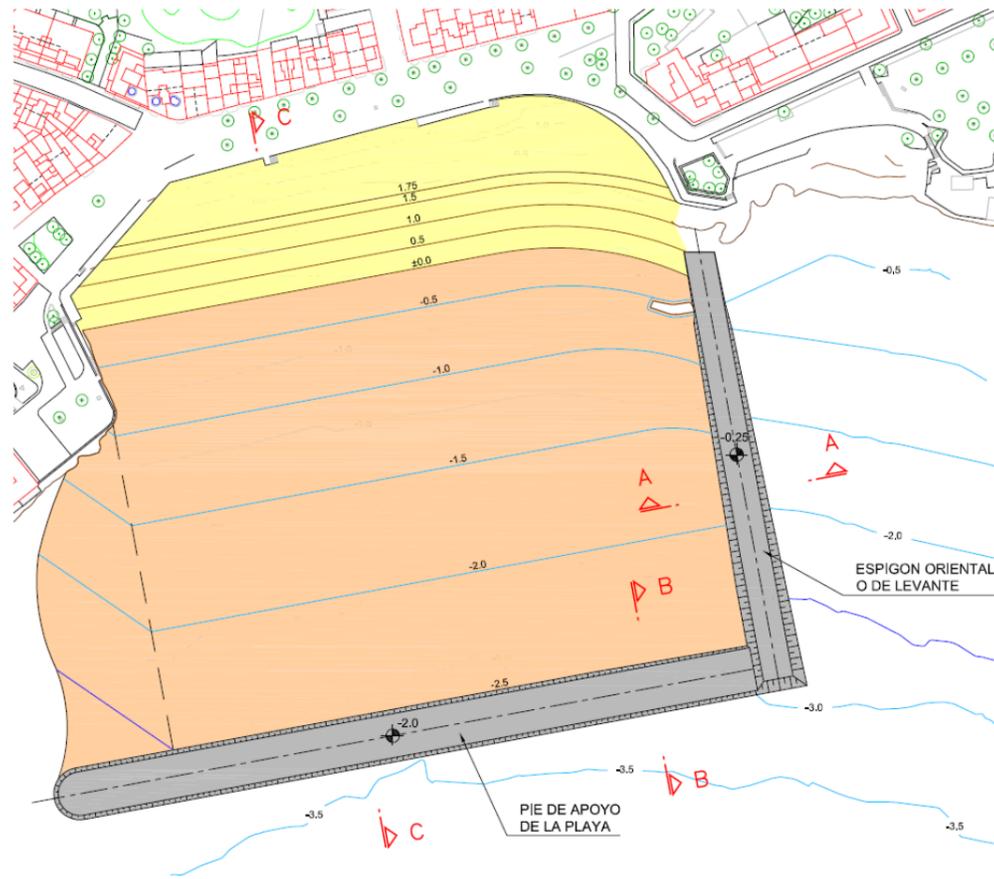


Figura 4.- Planta de la Alternativa 2. (Fuente: Elaboración propia)

Se analiza a continuación la afección que dicho espigón provocaría sobre cada oleaje que produce una movilización significativa de sedimento (de acuerdo a lo estudiado en el Anejo nº 4 del Proyecto):

- Oleaje morfológico del SSW: retiene el flujo saliente de la playa (+1.300 m<sup>3</sup>/h) → **POSITIVO**.
- Oleaje H<sub>s12</sub> del E: evita el flujo entrante (+208 m<sup>3</sup>/h) → **NEGATIVO**.
- Oleaje H<sub>s12</sub> del ESE: evita el flujo entrante (+143 m<sup>3</sup>/h) → **NEGATIVO**.
- Oleaje H<sub>s12</sub> del S: evita el flujo entrante (+83 m<sup>3</sup>/h) → **NEGATIVO**, pero probablemente reduzca la corriente de retorno del flujo entrante por el extremo de poniente, disminuyendo las pérdidas transversales → **POSITIVO**. El efecto podría ser **NEUTRO**.
- Oleaje H<sub>s12</sub> del SSW: retiene el flujo saliente (-17 m<sup>3</sup>/h) → **POSITIVO** y probablemente reduzca la corriente de retorno del flujo entrante por el extremo de poniente, disminuyendo las pérdidas → **POSITIVO**. → **POSITIVO**.

#### 2.2.1.3 Alternativa 3: aportación de arena, espigón a poniente de la playa y pie de apoyo

Consiste en la misma aportación de arena que las alternativas 1 y 2 (unos 31.800 m<sup>3</sup> de origen marino) y la construcción de un espigón perpendicular a la costa a poniente de la playa con una longitud de 124 m y

coronado a la cota -0,25 y de un espigón de pie de apoyo de 225 m de longitud coronado a la cota -2,00. Su planta se muestra en la Figura 5.- y en el plano A7.3.

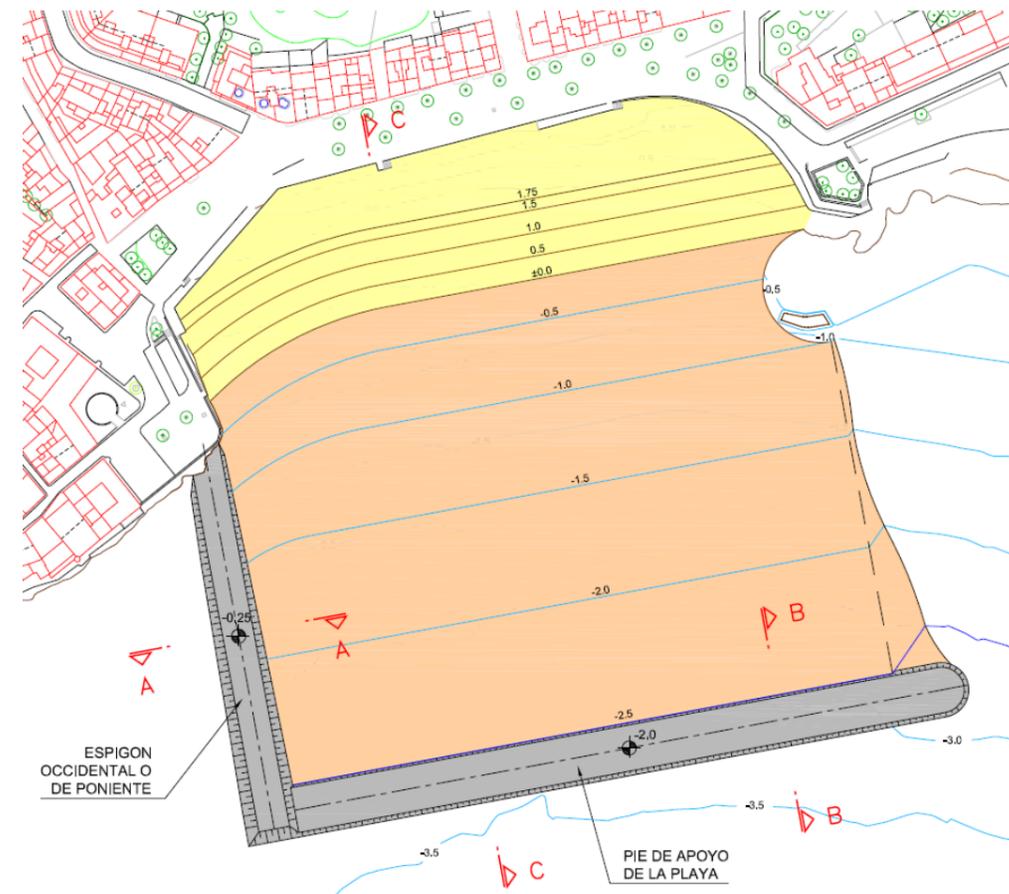


Figura 5.- Planta de la Alternativa 3. (Fuente: Elaboración propia)

Se analiza a continuación la afección que dicho espigón provocaría sobre cada oleaje que produce una movilización significativa de sedimento (de acuerdo a lo estudiado en el Anejo nº 4 del Proyecto).

- Oleaje morfológico del SSW: evita el flujo entrante (+675 m<sup>3</sup>/h) → **NEGATIVO**.
- Oleaje H<sub>s12</sub> del E: retiene el flujo saliente (-164 m<sup>3</sup>/h) → **POSITIVO**.
- Oleaje H<sub>s12</sub> del ESE: retiene el flujo saliente (-108 m<sup>3</sup>/h) → **POSITIVO**.
- Oleaje H<sub>s12</sub> del S: evita el flujo entrante (+92 m<sup>3</sup>/h) → **NEGATIVO**, pero probablemente reduzca la corriente de retorno del flujo entrante por el extremo de levante, reduciendo las pérdidas → **POSITIVO**. El efecto podría ser **NEUTRO**.
- Oleaje H<sub>s12</sub> del SSW: evita el flujo entrante (+256 m<sup>3</sup>/h) → **NEGATIVO**, pero probablemente reduzca la corriente de retorno, reduciendo las pérdidas → **POSITIVO**. El efecto podría ser **NEUTRO**.

Comparando las alternativas 1 y 2 se aprecia que ambas soluciones presentan efectos positivos o negativos dependiendo de la dirección del oleaje incidente. No obstante teniendo el peso de cada uno de los oleajes

parece evidente que la alternativa 1 resulta mejor ya que retendría el flujo más importante de todos los oleajes (el asociado al oleaje morfológico el SSW). Por otro lado el coste de ambas alternativas es prácticamente el mismo.

#### 2.2.1.4 Alternativa 4: aportación de arena, espigones a levante y poniente de la playa y pie de apoyo

Consiste en la misma aportación de arena que las alternativas 1 a 3 (aproximadamente 31.800 m<sup>3</sup> de origen marino y la construcción de sendos espigones perpendiculares a la costa a levante y a poniente de la playa con unas longitudes de 150 m y 124 m y coronados a la cota -0,25 y de un espigón de pie de apoyo de 200 m de longitud coronado a la cota -2,00. Su planta se muestra en la Figura 6.- y en el plano A7.4.

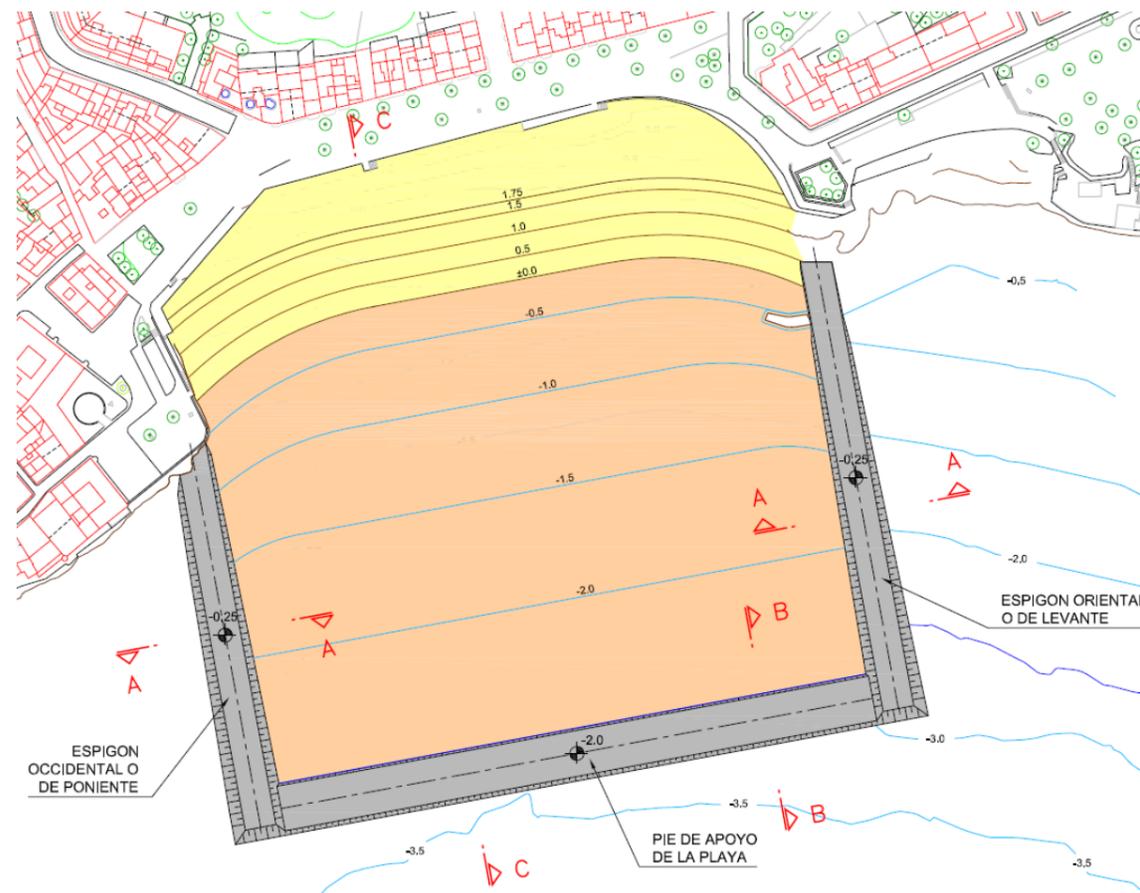


Figura 6.- Planta de la Alternativa 4. (Fuente: Elaboración propia)

Se analiza a continuación la afección que dichos espigones provocarían sobre cada oleaje que produce una movilización significativa de sedimento (de acuerdo a lo estudiado en el Anejo nº 4). En todos los casos se supone que ambos espigones anulan el transporte longitudinal de manera que se corta los flujos entrantes y salientes y consecuentemente el balance de la celda es debido exclusivamente al transporte transversal por el límite de la celda off-shore.

- Oleaje morfológico del SSW: en términos medios ni entraría ni saldría sedimento. Por tanto se mejora la situación actual con un balance negativo (-625 m<sup>3</sup>/h) → **POSITIVO**.
- Oleaje H<sub>s12</sub> del E: el transporte transversal supone una pérdida de ~-84 m<sup>3</sup>/h mayor que el balance total en la situación actual (-40 m<sup>3</sup>/h) → **NEGATIVO**.
- Oleaje H<sub>s12</sub> del ESE: el transporte transversal supone una pérdida de -64 m<sup>3</sup>/h mayor que el balance total en la situación actual (-29 m<sup>3</sup>/h) → **NEGATIVO**.
- Oleaje H<sub>s12</sub> del S: el transporte transversal supone una pérdida de -140 m<sup>3</sup>/h mientras que el balance total en la situación actual era positivo (+35 m<sup>3</sup>/h) → **NEGATIVO**. Aunque la construcción de ambos espigones reducirá la corriente de retorno del flujo, disminuyendo las pérdidas transversales el efecto no revertirá la tendencia negativa.
- Oleaje H<sub>s12</sub> del SSW: el transporte transversal supone una pérdida de -193 m<sup>3</sup>/h mientras que el balance total en la situación actual era positivo (+46 m<sup>3</sup>/h) → **NEGATIVO**. Aunque la construcción de ambos espigones reducirá la corriente de retorno del flujo, disminuyendo las pérdidas transversales el efecto no revertirá la tendencia negativa.

#### 2.2.2 ESTUDIO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS

Se ha efectuado una comparativa entre las diferentes soluciones (incluyendo la Alternativa 0 consistente en no efectuar ninguna actuación). Así se han considerado los siguientes aspectos, a los cuales se les ha aplicado diferentes coeficientes de ponderación p<sub>i</sub> (de manera que Σp<sub>i</sub> = 1,0):

- Aspectos técnicos (grado de funcionalidad); p = 0,30
- Impacto ambiental; p = 0,30
- Aspectos económicos, distinguiendo entre
  - Inversión; p = 0,25
  - Costes de mantenimiento; p = 0,15

Cada alternativa ha sido valorada en función de los anteriores aspectos entre 0 (muy negativa) y 3 (muy positiva), incluyendo una gama de colores entre el rojo (para un valor 0) y el verde intenso (para un valor 3). Todo ello se muestra en la Tabla 2.- .

Los criterios seguidos en la puntuación de cada aspecto se indican a continuación:

- **Aspectos técnicos.** Se ha tenido en cuenta el grado de solución con lo que cada alternativa resuelve la problemática erosiva de la playa. Así se considera que la Alternativa 2 es la que mejora los problemas a corto y medio plazo, por lo que se le ha otorgado el mayor puntaje [3,0]. Las propuestas 2 y 4 solucionan parcialmente el problema (sólo a medio plazo) por lo que han sido valoradas con [2,5] y [2,0] respectivamente ya que la Alternativa 4 se ha demostrado peor que la [3]. La Alternativa 1 soluciona solamente el problema a corto o como mucho medio plazo, por lo que ha sido puntuada con [1] mientras que la Alternativa 0 al no solucionar en absoluto la problemática ha sido puntuada con [0].

Tabla 2.- Comparación de las diferentes alternativas propuestas (Fuente: elaboración propia)

Alternativa	Aspectos Técnicos (p = 0,30)	Aspectos ambientales (p = 0,30)				Coste de Inversión (p = 0,25)	Coste de Mantenimiento (p = 0,15)	PUNTAJÓN TOTAL
		Subtotal	Superficie ocupada	Impacto paisajístico	Empleo de recursos			
0	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00	1,50	
1	1,00	1,91	1,50	2,50	1,73	1,90	1,55	
2	3,00	1,74	1,50	2,00	1,71	1,75	2,37	
3	2,50	1,83	1,50	2,00	2,00	2,75	2,25	
4	2,00	1,33	1,50	1,50	1,00	1,00	1,70	

[0,00-0,75]	Nulo / Muy bajo / Muy positivo	[2,01-2,50]	Medio / Alto
[0,76-1,50]	Bajo / Positivo	[2,51-2,75]	Alto / Negativo
[1,51-1,75]	Medio / Bajo	[2,76-3,00]	Muy alto / Muy negativo
[1,76-2,00]	Medio		

- **Impacto ambiental.** Se han considerado 3 aspectos (ocupación de superficie del fondo marino, impacto paisajístico y empleo de recursos naturales –arena y escollera–) a los que se ha dado la misma ponderación. Estos aspectos han sido valorados de [0] a [3] para cada alternativa y posteriormente ponderados por un factor 1/3, de manera que pueda obtenerse un máximo de [3] y un mínimo de [0].

- *Ocupación de superficie del fondo marino:* salvo la Alternativa 0 que al no ocupar superficie ha sido valorado con [3] el resto ocupan superficies similares, por lo que todas han sido puntuadas con [1,5].
- *Impacto paisajístico:* la Alternativa 0 al no incluir ninguna actuación tiene impacto nulo, por lo que se ha puntuado con [3]; el resto han sido valoradas inversamente proporcional a la longitud de espigones: la Alternativa 1 ha sido valorada con [2,5], las Alternativas 2 y 3 con [2] y la Alternativa 4 con [1,5]. Se ha tenido en cuenta que los espigones son sumergidos por lo que su impacto visual es más indirecto (a través de la mancha oscura que provocara en la visión del agua en dicha zona).
- *Empleo de recursos:* la Alternativa 0 al no incluir ninguna actuación no necesita recursos, por lo que se ha puntuado con [3]; la diferencia del resto de propuestas es pequeña y radica principalmente en la cantidad de escollera requerida ya que el volumen de arena será prácticamente el mismo, de ahí que se hayan puntuado de manera inversamente proporcional al volumen de áridos requerido, valorando la que requiere un mayor volumen con [1,00] y la del menor volumen con [2,00]. De este modo la Alternativa 1, que requiere 51.993 m<sup>3</sup>, ha sido puntuada con [1,73], la Alternativa 2, que requiere 52.064 m<sup>3</sup>, con [1,71], la Alternativa 3, que requiere 50.741 m<sup>3</sup>, con [2,00] y la Alternativa 4, que requiere 55.343 m<sup>3</sup>, con [1,00].

De esa manera la puntuación por impacto ambiental de las alternativas queda del siguiente modo: Alternativa 0 = (3 + 3 + 3) / 3 = [3,00]; Alternativa 1 = (1,5 + 2,5 + 1,73) / 3 = [1,91]; Alternativa

2 = (1,5 + 2 + 1,71) / 3 = [1,74]; Alternativa 3 = (1,5 + 2 + 2) / 3 = [1,83] y Alternativa 4 = (1,5 + 1,5 + 1) / 3 = [1,33].

- **Inversión:** la Alternativa 0 al no incluir ninguna actuación tiene una inversión nula, por lo que se ha puntuado con [3,00]; la diferencia del resto de propuestas es pequeña (como puede apreciarse en la Tabla 3.-), de ahí que se hayan puntuado de manera inversamente proporcional a su presupuesto, valorando la más costosa con [1,00] y la de menor inversión con [2,00]. De este modo la Alternativa 1 ha sido puntuada con [1,90], la Alternativa 2 con [1,75], la Alternativa 3 con [2,00] y finalmente la Alternativa 4 con [1,00].
- **Coste de mantenimiento.** En este caso la valoración ha sido más cuantitativa, dando un puntaje mínimo [0,00] a la Alternativa 0 ya que, al no solucionar los problemas, requerirá actuaciones periódicas conforme la playa siga erosionándose, otorgando un puntaje intermedio [1,50] a la Alternativa 1 ya que, como se ha dicho, solamente soluciona el problema a corto/medio plazo y al no estabilizar la playa ésta seguirá erosionándose en un futuro. Al resto de alternativas (con un comportamiento relativamente similar) han sido puntuadas entre [2,50] y [3,00] de acuerdo a lo establecido en los aspectos técnicos. Así la Alternativa 2 ha sido puntuada con [3,00], la Alternativa 3 con [2,75] y la Alternativa 4 con [2,50].

Tabla 3.- Presupuesto comparativo de las alternativas (Fuente: elaboración propia)

		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4
<b>1. APORTACIÓN DE ARENA</b>					
m3 Dragado y vertido de arena	Prec. Unit.	7,50	7,50	7,50	7,50
	Medición	31.770,00	31.770,00	31.770,00	31.770,00
m3 Arena de origen terrestre	Prec. Unit.	25,00	25,00	25,00	25,00
	Medición	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Presupuesto</b>	<b>238.275,00</b>	<b>238.275,00</b>	<b>238.275,00</b>	<b>238.275,00</b>
<b>2. ESPIGONES LATERALES</b>					
† Vertido y retirada de todo uno	Prec. Unit.	12,00	12,00	12,00	12,00
	Medición		2.739,45	2.200,80	4.940,25
	<b>Presupuesto</b>	<b>0,00</b>	<b>32.873,38</b>	<b>26.409,64</b>	<b>59.283,02</b>
† Colocac. Escollera 2000 kg	Prec. Unit.	15,00	15,00	15,00	15,00
	Medición	0,00	7.895,26	8.024,90	15.920,16
	<b>Presupuesto</b>	<b>0,00</b>	<b>118.428,85</b>	<b>120.373,56</b>	<b>238.802,41</b>
<b>3. ESPIGÓN DE PIE</b>					
† Vertido y retirada de todo uno	Prec. Unit.	12,00	12,00	12,00	12,00
	Medición	23.374,24	13.578,60	12.521,25	11.130,00
	<b>Presupuesto</b>	<b>280.490,84</b>	<b>162.943,20</b>	<b>150.255,00</b>	<b>133.560,00</b>
† Colocac. Escollera 1000 kg	Prec. Unit.	13,00	13,00	13,00	13,00
	Medición	13.129,53	11.909,31	10.981,95	9.761,73
	<b>Presupuesto</b>	<b>170.683,86</b>	<b>154.821,05</b>	<b>142.765,31</b>	<b>126.902,50</b>
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (€)</b>		<b>689.449,70</b>	<b>707.341,48</b>	<b>678.078,50</b>	<b>796.822,92</b>

Puede comprobarse que la solución mejor resulta ser la Alternativa 2 (consistente en la aportación de arena, un espigón perpendicular a la costa a levante de la playa y el pie de apoyo) con una puntuación de **2,37 puntos** y por tanto será la desarrollada en los siguientes apartados, en los que se analizará su funcionalidad real mediante el programa SMC.

En función de los resultados obtenidos se analizarán variantes sobre la misma alternativa o se analizará la alternativa 3, que es la propuesta con la segunda puntuación más alta [2,25].

### 2.2.3 DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA 2

Tal como se ha comentado anteriormente, en este capítulo se va a desarrollar desde un punto de vista técnico la alternativa seleccionada (la nº 2).

#### 2.2.3.1 Solución base

##### 2.2.3.1.1 Características generales de la alternativa 2 (solución base)

La Alternativa 2 está compuesta de las siguientes actuaciones, que a continuación se detallan.

- Aportación inicial de arena.
- Pie de apoyo del perfil de la playa.
- Espigón perpendicular situado a levante de la playa para la retención lateral de la arena.

#### Aportación inicial de arena

El objeto de la aportación inicial es un incremento de la anchura de la actual playa seca de 25 metros (medidos entre el promedio de la actual isobata +0,0 y la proyectada).

Por todo ello se proyecta con arena procedente de la zona situada a poniente del Puerto de Aiguadolç, caracterizada por un tamaño medio  $D_{50} = 0,197$  mm y unas características físico-químicas que la hacen apta para este uso (tal como se vio en el Anejo nº 6).

El perfil de playa que se empleará en la cubicación del material requerido es el perfil de equilibrio con estrán lineal (o con modelo de disipación en la zona de rotura) con parámetro A obtenido mediante la fórmula de Hanson & Kraus, ya que es el mejor se adapta a las características actuales de la playa (tal como se vio en el Anejo nº 4). La cota de la berma superior se ha fijado en la +1,75 m (C.A.) para tener en cuenta los efectos del cambio climático (ver Anejo nº 4). La Figura 7.- muestra el perfil de aportación dibujado sobre un perfil medio de la actual playa.

#### Pie de apoyo del perfil de la playa

Tal como se comentó en el Anejo nº 1, a partir de la isóbata -3,75 m se ha localizado la presencia de *Cymodocea Nodosa* en la zona de actuación, de manera que las actuaciones a proyectar deben restringirse a dicha profundidad. Por todo ello resulta necesario la construcción de un pie sumergido que efectúe las labores de apoyo del perfil de la nueva playa sumergida y evite que la arena aportada se deposite encima de la *Cymodocea Nodosa*, lo cual generaría un grave impacto negativo.

Sus principales características son las siguientes:

- Longitud: 244 metros.
- Cota de coronación: -2,00 (C.A.), de manera que haya un resguardo vertical de 0,50 m entre su coronación y el perfil de arena sumergido.
- Alineación: 78,5° N; perpendicular al espigón de retención lateral (ver apartado 0).

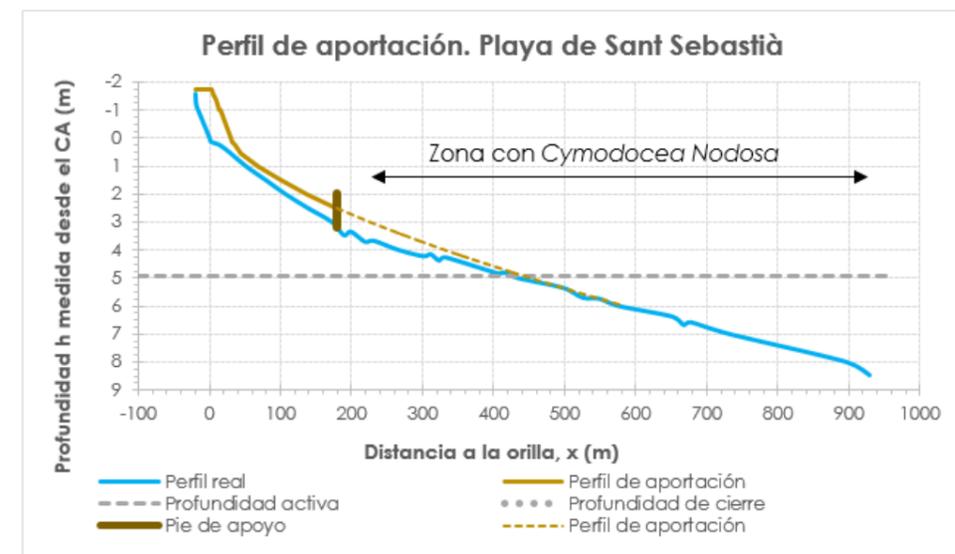


Figura 7.- Perfil de aportación de arena (Fuente: elaboración propia)

#### Espigón perpendicular situado a levante de la playa

Con objeto de reducir las pérdidas de arena en la playa debidas al transporte longitudinal (y también al transversal) se proyecta un espigón perpendicular a la playa con las siguientes características

- Longitud: 150 metros, es decir, desde la actual línea de costa hasta una profundidad de -3,00 m (C.A.) con objeto de no afectar a la *Cymodocea Nodosa*.
- Cota de coronación: -0,25 m (C.A.), de manera que su efectividad para detener el transporte de arenas sea muy alta y sin embargo, al ser sumergido, no produzca un efecto paisajístico negativo.
- Alineación: 168,5° N; es decir, se ha proyectado paralelo al flujo medio de energía del oleaje local (ver Anejo de Dinámica Litoral). De esta manera se minimizan los fenómenos de difracción del oleaje que se traducen en una basculamiento permanente de la playa de Sant Sebastià.

##### 2.2.3.1.2 Análisis del funcionamiento de la alternativa 2 mediante el programa SMC

Los patrones de transporte sedimentario de la alternativa 2 han sido obtenidos empleando la metodología descrita en los Anejos nº 3 y nº 4 y que se utilizó para caracterizar la situación actual. Para ello se ha empleado los siguientes módulos del modelo MOPLA (MOFodinámica de PLAYas) del programa SMC (Sistema de Modelado Costero)

- OLUCA: que permite obtener el patrón de oleaje

- COPLA: para la obtención del patrón de corrientes generadas por la rotura del oleaje
- EROS: para la obtención del transporte de sedimentos generado por el oleaje y corrientes.

En el Apéndice 1 del Anejo nº 7 del Proyecto se muestran los resultados gráficos obtenidos para los diferentes escenarios de oleaje estudiados (y que se han restringido a aquellos que en la situación actual producen un transporte de sedimentos significativo: oleaje morfológico del SSW y oleaje asociado a una excedencia de 12 h/año asociados a las direcciones E, ESE, S y SSW).

De una manera análoga a lo que se efectuó en el Anejo nº 4 del Proyecto se ha obtenido el balance sedimentario en la playa para los diferentes escenarios de oleaje. El caso del oleaje morfológico del SSW se presenta en la Figura 8.- que muestra el patrón de transporte sedimentos en las proximidades de la playa así como la celda de control (con línea discontinua) en la que se ha calculado el balance sedimentario, obtenido como suma de los transportes totales que se producen a través de los cuatro contornos que delimitan dicha celda: 1) el perpendicular a la costa por el extremo de levante, 2) el espigón diseñado para el apoyo del pie de la playa (a diferencia de la situación actual en la que se consideró la profundidad de -4,5 m, 3) el perpendicular a la costa por el extremo de poniente y 4) el límite lado tierra de la playa (paseo) en el que se considerará un transporte nulo.

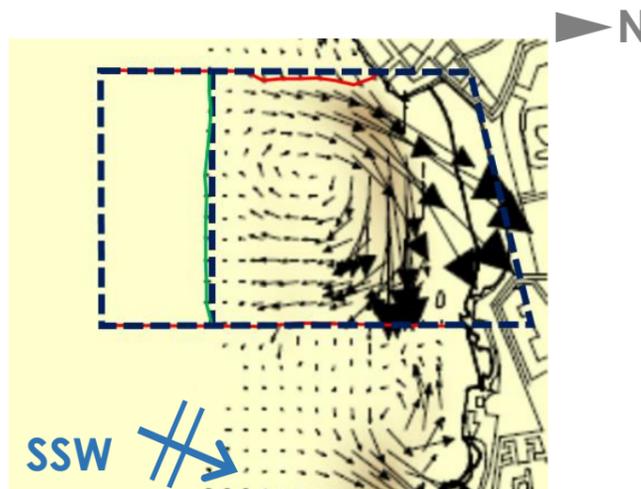


Figura 8.- Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià para el oleaje morfológico del SSW. Alternativa 2 – Solución base (Fuente: elaboración propia)

En dicha figura las líneas rojas representan la magnitud del transporte de sedimentos perpendicular a los contornos laterales (1 y 3) y que puede asociarse aproximadamente al transporte longitudinal y la línea verde el transporte de sedimentos perpendicular a los contornos 2 y 4, y que puede asociarse aproximadamente al transporte transversal.

El criterio de signos para el cálculo del balance de sedimentos es positivo para los transportes que aporten arena a la celda de control y negativo en caso contrario. Por consiguiente se tiene que

$$\text{Balance sedimentario} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_{\text{entrante}} - Q_{\text{saliente}}$$

El resultado numérico obtenido resulta ser el de una ganancia neta de **180 m<sup>3</sup>/año**. Cabe recordar que en la situación actual el cálculo del balance condujo a una pérdida neta de **625 m<sup>3</sup>/año**. Por consiguiente el efecto estabilizador de la actuación propuesta resulta evidente (si bien debe tenerse en cuenta que estos valores deben ser tomados en consideración como una tendencia).

En la Figura 9.- se muestra el patrón de transporte sedimentos en las proximidades de la playa así como la celda de control (con línea discontinua) en la que se ha calculado el balance sedimentario para los cuatro temporales considerados (oleajes asociados a una excedencia de 12 h/año).

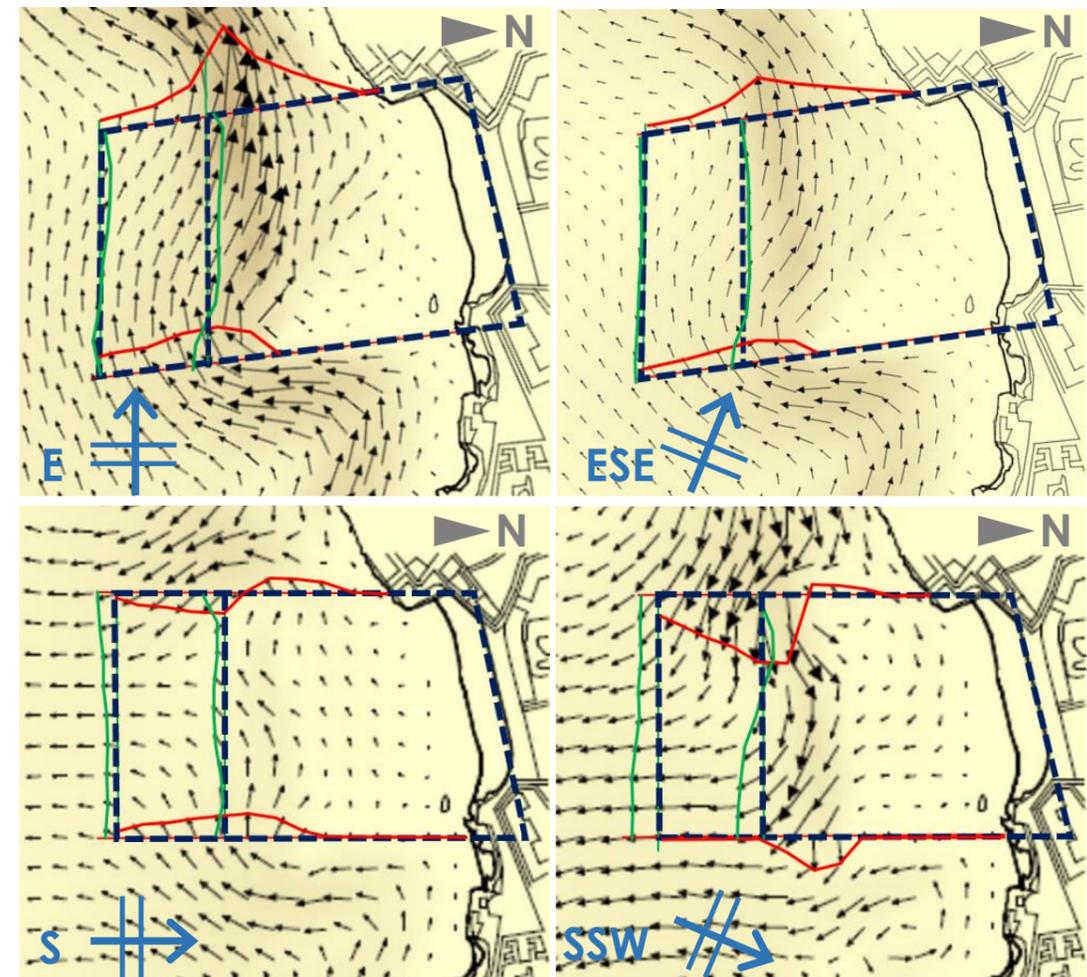


Figura 9.- Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià para los oleajes H<sub>s,12</sub>. Alternativa 2 – Solución base (Fuente: elaboración propia)

El resultado numérico obtenido en el cálculo del balance sedimentario para cada caso se muestra en la Figura 10.- y en la Tabla 4.-. Se recuerda que dicho balance corresponde a los temporales con H<sub>s,12</sub> y que la capacidad de transporte de sedimentos es aproximadamente proporcional a H<sup>2,5</sup>, de manera que, por ejemplo, temporales con una altura un 50 % superior implicarían unos transportes y unos balances sedimentarios un 175% superiores a los de dicha tabla.

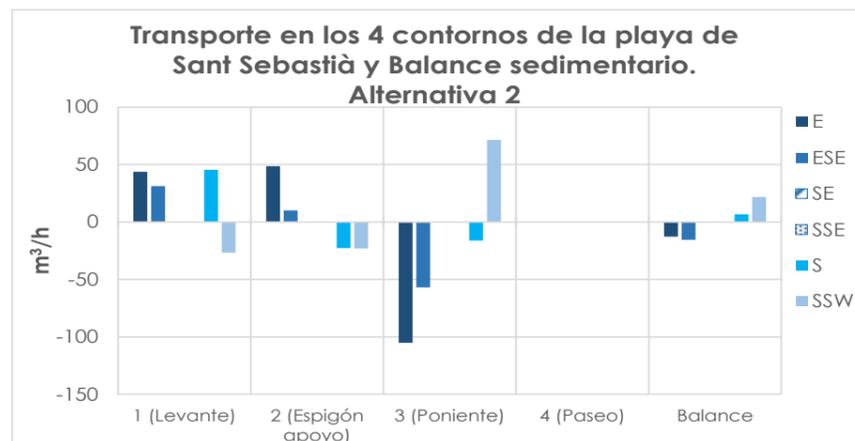


Figura 10.- Transporte en los 4 contornos de la celda representativa de la playa de Sant Sebastià y balance sedimentario para los temporales asociados a H<sub>s,12</sub>. Alternativa 2 (Fuente: elaboración propia)

Tabla 4.- Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià para los temporales asociados a H<sub>s,12</sub>. Situación actual y Alternativa 2 (Fuente: elaboración propia)

Dirección del oleaje H <sub>s,12</sub>	E	ESE	S	SSW
Situación actual	-39,7 m³/h	-29,0 m³/h	+35,0 m³/h	+46,1 m³/h
<b>Alternativa 2</b>	<b>-12,7 m³/h</b>	<b>-15,5 m³/h</b>	<b>+6,7 m³/h</b>	<b>+21,8 m³/h</b>

Puede apreciarse que los valores en todos los casos son inferiores (menos de la mitad) que los obtenidos para la situación actual (que también se incluyen en dicha tabla) lo cual indica que las actuaciones propuestas reducirán las posibles variaciones estacionales asociadas a los temporales de levante y de poniente.

En la Figura 10.- también puede apreciarse que a través del contorno de levante prácticamente siempre entra arena en la celda (salvo para el oleaje del SSW, en el que sale una pequeña cantidad, 26,6 m³/h); a través del contorno situado en el espigón de apoyo entra sedimento en la celda para los oleajes E y ESE y sale para el S y SSW, y a través del contorno de poniente entra sedimento en la celda para el SSW y sale para el E, ENE y S.

Por tanto se concluye que la Alternativa 2 supondrá una mayor estabilización de la playa de Sant Sebastià.

### 2.2.3.2 Solución variante

Pese al adecuado comportamiento de la alternativa 2, se ha querido analizar una variante de dicha solución con el objetivo de mejorar su encaje paisajístico en esta singular playa. Por tal motivo se ha diseñado una solución variante en la que la geometría ortogonal de los espigones sumergidos ha sido reemplazada por una forma curva inspirada en la espiral logarítmica, que como es sabido representa

con bastante exactitud la forma en planta de playas "en concha", es decir, playas en equilibrio controladas por la difracción del oleaje en uno o varios polos.

El inicio de la espiral se plantea como un mirador, que se construiría con hormigón en masa sobre la base de escollera, con la idea de recrear un gran caracol cuyo desarrollo va descendiendo hasta la cota -2,00 m (C.A.). Las transiciones entre la playa, la escollera de base del mirador, el zigurat de hormigón y el espigón de escollera de defensa de la playa se definirán, en su caso, en el Proyecto Constructivo.

#### 2.2.3.2.1 Características generales de la alternativa 2 (variante 1)

La Variante 1 de la Alternativa 2, cuya planta se muestra en la Figura 11.- y en el plano A7.2 (hoja 2) está compuesta de las siguientes actuaciones, que a continuación se detallan.

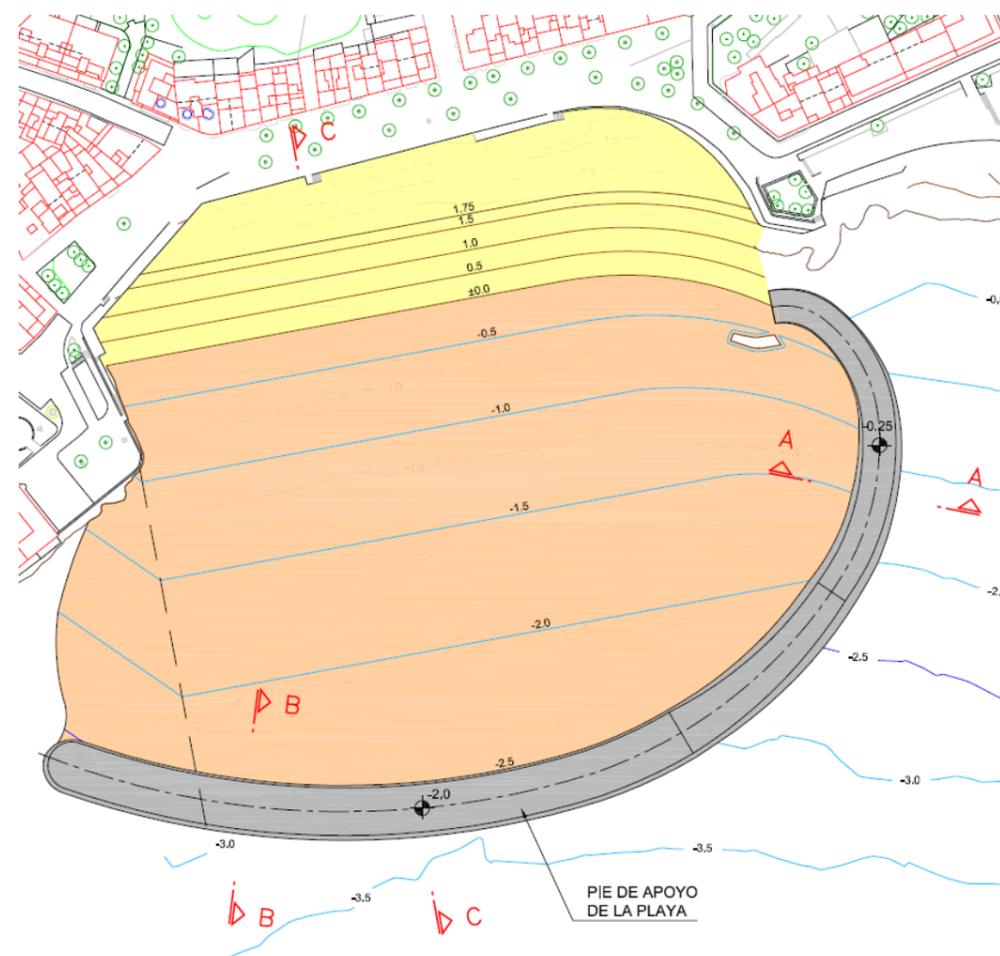


Figura 11.- Planta de la Variante 1 de la Alternativa 2. (Fuente: Elaboración propia)

- Aportación inicial de arena
- Espigón curvo que arranca a levante de la playa para la retención lateral de la arena y finaliza como pie de apoyo del perfil de la playa.

#### **Aportación inicial de arena**

El objeto de la aportación inicial es un incremento medio de la anchura de la actual playa seca de 25 metros (medidos entre el promedio de la actual isobata +0,0 y la proyectada).

Por todo ello se proyecta con arena procedente de la zona situada a poniente del Puerto de Aiguadolç, caracterizada por un tamaño medio  $D_{50} = 0,197$  mm y unas características físico-químicas que la hacen apta para este uso (tal como se vio en el Anejo nº 6).

El perfil de playa que se empleará en la cubicación del material requerido es el perfil de equilibrio con estrán lineal (o con modelo de disipación en la zona de rotura) con parámetro A obtenido mediante la fórmula de Hanson & Kraus, ya que es el mejor se adapta a las características actuales de la playa (tal como se vio en el Anejo nº 4). La cota de la berma superior se ha fijado en la +1,75 m (C.A.) para tener en cuenta los efectos del cambio climático (ver Anejo nº 4). La Figura 7.- muestra el perfil de aportación dibujado sobre un perfil medio de la actual playa.

#### **Espigón situado a levante de la playa**

Con objeto de reducir las pérdidas de arena en la playa debidas al transporte longitudinal (y también al transversal) se proyecta un espigón curvo que arranca con una alineación aproximadamente perpendicular a la playa y que finaliza con una alineación aproximadamente a la playa con las siguientes características

- Longitud: 379 metros, desde la actual línea de costa hasta una profundidad de -3,00 m (C.A.) con objeto de no afectar a la *Cymodocea Nodosa*,
- Cota de coronación:
  - en el tramo inicial de 107 m de longitud (donde actúa de retención lateral) será la -0,25 m (C.A.), de manera que su efectividad para detener el transporte de arenas sea muy alta y sin embargo, al ser sumergido, no produzca un efecto paisajístico negativo;
  - en el tramo final de 205 m de longitud (donde actúa de pie de apoyo del perfil sumergido de la playa) será la -2,00 m (C.A.), de manera que haya un resguardo vertical de 0,50 m entre su coronación y el perfil de arena sumergido; de este modo se evita que la arena aportada se deposite encima de la *Cymodocea Nodosa*, lo cual generaría un grave impacto negativo
  - entre ambos sectores habrá un tramo de transición entre las cotas -2,00 y -0,25 m (C.A.) de 67 m de longitud.
- Alineación: tiene una alineación variable inherente a su forma espiral logarítmica). De todos modos el final del tramo coronado a la cota -0,25 m (C.A.) se ha proyectado sobre el eje del espigón de la alternativa 1, que se diseñó paralelo al flujo medio de energía del oleaje local (168,5°

N), con objeto de minimizar los fenómenos de difracción del oleaje que se traducen en una basculamiento permanente de la playa de Sant Sebastià.

#### **2.2.3.2.2 Análisis del funcionamiento de la variante 1 de la alternativa 2 mediante el programa SMC**

Los patrones de transporte sedimentario de la Variante 1 de la Alternativa 2 han sido obtenidos empleando la metodología descrita en los Anejos nº 3 y nº 4 y que se utilizó para caracterizar la situación actual, así como la Alternativa 2 (ver apartado 2.2.3.1.2), para lo cual se han empleado los módulos OLUCA, COPLA y EROS del modelo MOPLA (MORfodinámica de PLAyas) del programa SMC (Sistema de Modelado Costero).

En el Apéndice 2 del presente anejo se muestran los resultados gráficos obtenidos para los diferentes escenarios de oleaje estudiados (y que se han restringido a aquellos que en la situación actual producen un transporte de sedimentos significativo: oleaje morfológico del SSW y oleaje asociado a una excedencia de 12 h/año asociados a las direcciones E, ESE, S y SSW).

De una manera análoga a lo que se ha efectuado para la Alternativa 2 (Solución Base) se ha obtenido el balance sedimentario en la playa para los diferentes escenarios de oleaje. El caso del oleaje morfológico del SSW se presenta en la Figura 12.-, que muestra el patrón de transporte sedimentos en las proximidades de la playa así como la celda de control (con línea discontinua) en la que se ha calculado el balance sedimentario, obtenido como suma de los transportes totales que se producen a través de los cuatro contornos que delimitan dicha celda: 1) el perpendicular a la costa por el extremo de levante, 2) el espigón diseñado para el apoyo del pie de la playa, 3) el perpendicular a la costa por el extremo de poniente y 4) el límite lado tierra de la playa (paseo) en el que se considerará un transporte nulo.

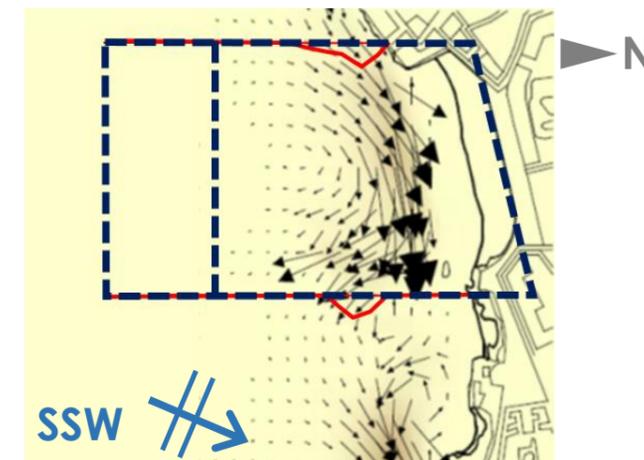


Figura 12.- Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià para el oleaje morfológico del SSW. Alternativa 2 – Variante 1 (Fuente: elaboración propia)

En dicha figura las líneas rojas representan la magnitud del transporte de sedimentos perpendicular a los contornos laterales (1 y 3) y que puede asociarse aproximadamente al transporte longitudinal y la

línea verde el transporte de sedimentos perpendicular a los contornos 2 y 4, y que puede asociarse aproximadamente al transporte transversal.

El criterio de signos para el cálculo del balance de sedimentos es positivo para los transportes que aporten arena a la celda de control y negativo en caso contrario. Por consiguiente se tiene que

$$\text{Balance sedimentario} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_{\text{entrante}} - Q_{\text{saliente}}$$

El resultado numérico obtenido resulta ser el de una ganancia neta de **94 m<sup>3</sup>/año**. Cabe recordar que en la situación actual el cálculo del balance condujo a una pérdida neta de **625 m<sup>3</sup>/año**, mientras que en la Solución Base de la Alternativa 2 se obtuvo una ganancia neta de **180 m<sup>3</sup>/año**. Por consiguiente el efecto estabilizador de la actuación propuesta resulta evidente si bien es algo menor que para la Solución base de la Alternativa 2 (si bien se vuelve a recordar que debe tenerse en cuenta que estos valores deben ser tomados en consideración como una tendencia).

En la Figura 13.- se muestra el patrón de transporte sedimentos en las proximidades de la playa así como la celda de control (con línea discontinua) en la que se ha calculado el balance sedimentario para los cuatro temporales considerados (oleajes asociados a una excedencia de 12 h/año).

El resultado numérico obtenido en el cálculo del balance sedimentario para cada caso se muestra en la Figura 14.- y en la Tabla 5.-. Se vuelve a recordar que dicho balance corresponde a los temporales con H<sub>s,12</sub> y que la capacidad de transporte de sedimentos es aproximadamente proporcional a H<sup>2,5</sup>, de manera que, por ejemplo, temporales con una altura un 50 % superior implicarían unos transportes y unos balances sedimentarios un 175 % superiores a los de dicha tabla.

Tabla 5.- Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià para los temporales asociados a H<sub>s,12</sub>. Situación actual y Solución base y Variante 1 de la Alternativa 2 (Fuente: elab. propia)

Dirección del oleaje H <sub>s,12</sub>	E	ESE	S	SSW
Situación actual	-39,7 m <sup>3</sup> /h	-29,0 m <sup>3</sup> /h	+35,0 m <sup>3</sup> /h	+46,1 m <sup>3</sup> /h
Alternativa 2 (Solución base)	-12,7 m <sup>3</sup> /h	-15,5 m <sup>3</sup> /h	+6,7 m <sup>3</sup> /h	+21,8 m <sup>3</sup> /h
<b>Alternativa 2 (Variante 1)</b>	<b>-26,1 m<sup>3</sup>/h</b>	<b>-1,7 m<sup>3</sup>/h</b>	<b>+22,0 m<sup>3</sup>/h</b>	<b>+42,3 m<sup>3</sup>/h</b>

Puede apreciarse que los valores en todos los casos se sitúan entre los obtenidos para la situación actual y los calculados para la Solución base de la Alternativa 1 (que también se incluyen en dicha tabla) lo cual indica que esta propuesta reducirán las posibles variaciones estacionales asociadas a los temporales de levante y de poniente respecto a ña situación actual pero en menor magnitud que la Solución Base. En la Figura 14.- también puede apreciarse que a través del contorno de levante prácticamente siempre entra arena en la celda (salvo para el oleaje del SSW, en el que sale una pequeña cantidad, -34,1 m<sup>3</sup>/h); a través del contorno situado en el espigón de apoyo sale sedimento de la celda para todos los oleajes, y a través del contorno de poniente entra sedimento en la celda para el S y SSW y sale para el E y ENE .

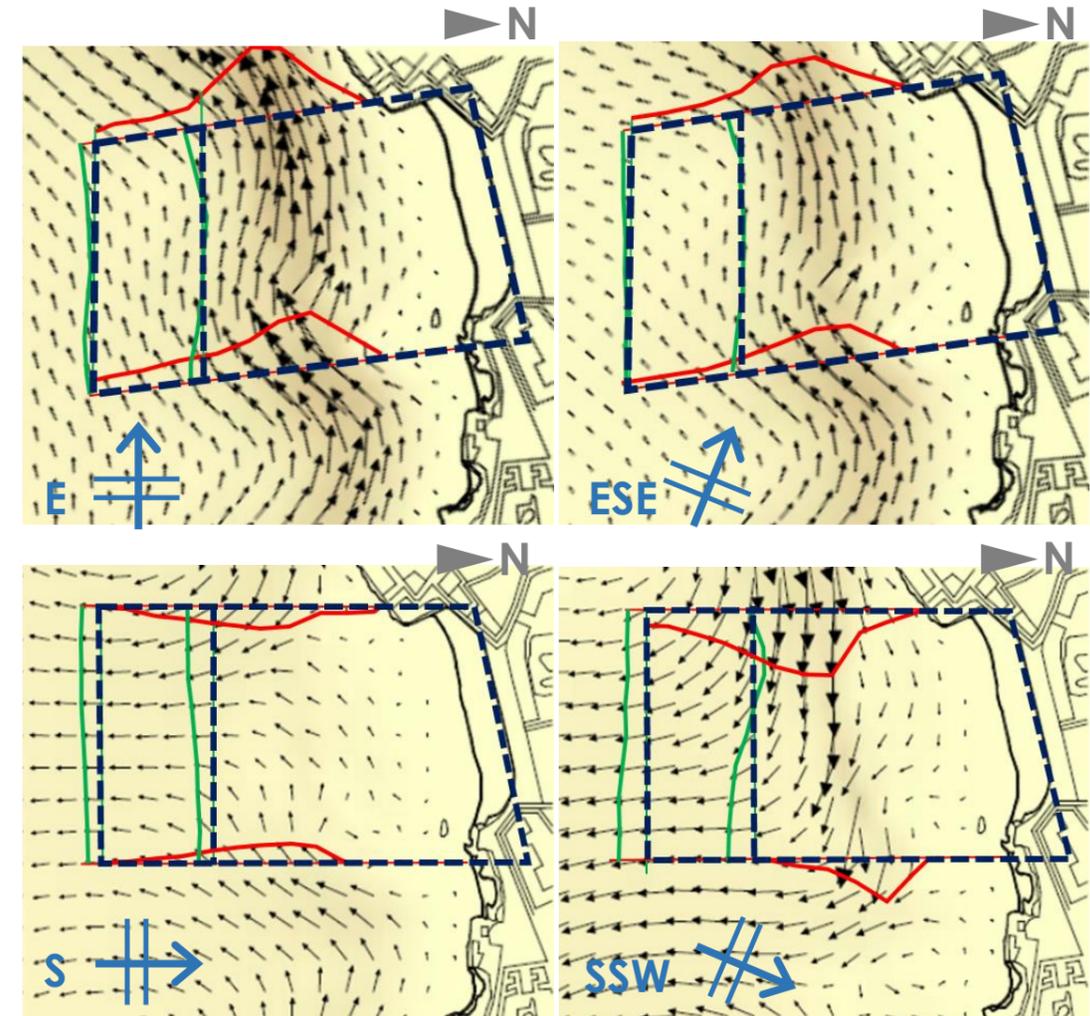


Figura 13.- Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià para los oleajes H<sub>s,12</sub>. Alternativa 2 – Variante 1 (Fuente: elaboración propia)

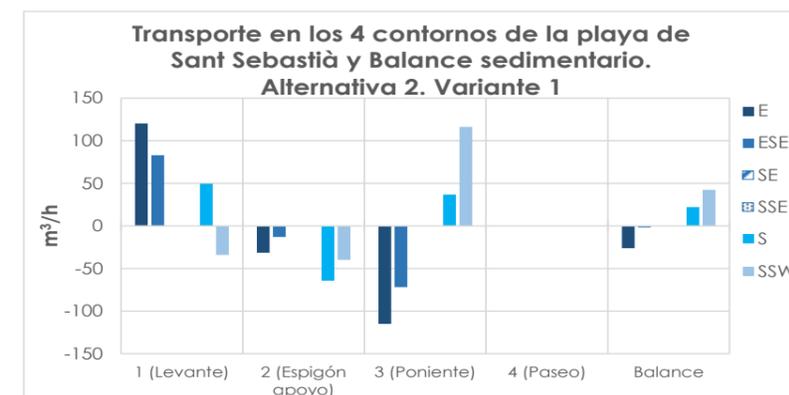


Figura 14.- Transporte en los 4 contornos de la celda representativa de la playa de Sant Sebastià y balance sedimentario para los temporales asociados a H<sub>s,12</sub>. Alternativa 2- Variante 1 (Fuente: elab. propia)

Por tanto se concluye que la Variante 1 de la Alternativa 2 también supondrá una mayor estabilización de la playa de Sant Sebastià en comparación con la situación actual, si bien algo menor que para la Solución Base.

### 2.2.3.3 Comparación de la Solución Base y la Variante 1

Al análisis comparativo de alternativas mostrado en la Tabla 2.- se le ha añadido la Variante 1 de la Alternativa 2 siguiendo los mismos criterios. El resultado final se muestra en la Tabla 6.-.

Tabla 6.- Comparación de alternativas añadiendo la Variante 1 de la Alternativa 2. (Fuente: elaboración propia)

Alternativa	Aspectos Técnicos (p = 0,30)	Aspectos ambientales (p = 0,30)				Coste de Inversión (p = 0,25)	Coste de Mantenimiento (p = 0,15)	PUNTUACIÓN TOTAL
		Subtotal	Superficie ocupada	Impacto paisajístico	Empleo de recursos			
0	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00	1,50
1	1,00	1,88	1,50	2,50	1,65	1,80	1,50	1,53
2 Base	3,00	1,71	1,50	2,00	1,63	1,67	3,00	2,35
2 Variante	2,75	1,92	1,50	2,25	2,00	2,00	3,00	2,40
3	2,50	1,80	1,50	2,00	1,89	1,89	2,75	2,22
4	2,00	1,33	1,50	1,50	1,00	1,00	2,50	1,70

[0,00-0,75]	Nulo / Muy bajo / Muy positivo	[2,01-2,50]	Medio / Alto
[0,76-1,50]	Bajo / Positivo	[2,51-2,75]	Alto / Negativo
[1,51-1,75]	Medio / Bajo	[2,76-3,00]	Muy alto / Muy negativo
[1,76-2,00]	Medio		

- Los **aspectos técnicos** han sido penalizados ligeramente [2,75] frente a [3,00] por los motivos expuestos anteriormente (un funcionamiento ligeramente peor al de la Solución Base de la Alternativa 2).
- En cuanto al **impacto ambiental**, la ocupación de superficie de fondo ha sido puntuada con [1,5] al igual que el resto, el impacto paisajístico ha sido valorado con [2,25] debido a la mejor integración paisajística y el empleo de recursos ha sido puntuado con [2,00] de acuerdo al nuevo cómputo, ya que pasa a ser la alternativa que requiere menos escollera. La inclusión de esa alternativa ha modificado ligeramente el impacto ambiental del resto (debido a la componente de 'empleo de recursos'. De esa manera la puntuación por impacto ambiental de las alternativas queda del siguiente modo: Alternativa 0 = (3 + 3 + 3) / 3 = [3,00]; Alternativa 1 = (1,5 + 2,5 + 1,65) / 3 = [1,88]; Solución base de la Alternativa 2 = (1,5 + 2 + 1,63) / 3 = [1,71]; Variante 1 de la Alternativa 2 = (1,5 + 2,25 + 2,00) / 3 = [1,92]. Alternativa 3 = (1,5 + 2 + 1,89) / 3 = [1,80] y Alternativa 4 = (1,5 + 1,5 + 1) / 3 = [1,33].
- La **inversión** resulta ser la menor, por lo que de acuerdo al criterio empleado ha sido valorada con [2,00] frente a los [3,00] de la Alternativa 0 que no implica inversión. La inclusión de esa alternativa ha modificado ligeramente la puntuación de este aspecto para el resto de soluciones. De este modo la Alternativa 1 ha sido puntuada con [1,80], la Solución Base de la Alternativa 2 con [1,67], la Variante 1 de la Alternativa 2 con [2,00], la Alternativa 3 con [1,89] y finalmente la Alternativa 4 con [1,00]. En la Tabla 7.- se muestra la comparativa de presupuestos incluyendo esta variante,

- El **coste de mantenimiento** ha sido valorado con la 2 y la 3, es decir, con [3,00].

Tabla 7.- Presupuesto comparativo de las alternativas (Fuente: elaboración propia)

		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2 (SOLUC. BASE)	ALTERNATIVA 2 (VARIANTE 1)	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4
<b>1. APORTACIÓN DE ARENA</b>						
m3 Dragado y vertido de arena	Prec. Unit.	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
	Medición	31.770,00	31.770,00	31.770,00	31.770,00	31.770,00
m3 Arena de origen terrestre	Prec. Unit.	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
	Medición	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Presupuesto</b>	<b>238.275,00</b>	<b>238.275,00</b>	<b>238.275,00</b>	<b>238.275,00</b>	<b>238.275,00</b>
<b>2. ESPIGONES LATERALES</b>						
t Vertido y retirada de todo uno	Prec. Unit.	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
	Medición		2.739,45	4.241,97	2.200,80	4.940,25
	<b>Presupuesto</b>	<b>0,00</b>	<b>32.873,38</b>	<b>50.903,66</b>	<b>26.409,64</b>	<b>59.283,02</b>
t Colocac. Escollera 2000 kg	Prec. Unit.	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
	Medición	0,00	7.895,26	7.129,04	8.024,90	15.920,16
	<b>Presupuesto</b>	<b>0,00</b>	<b>118.428,85</b>	<b>106.935,66</b>	<b>120.373,56</b>	<b>238.802,41</b>
<b>3. ESPIGÓN DE PIE</b>						
t Vertido y retirada de todo uno	Prec. Unit.	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
	Medición	23.374,24	13.578,60	11.419,38	12.521,25	11.130,00
	<b>Presupuesto</b>	<b>280.490,84</b>	<b>162.943,20</b>	<b>137.032,56</b>	<b>150.255,00</b>	<b>133.560,00</b>
t Colocac. Escollera 1000 kg	Prec. Unit.	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
	Medición	13.129,53	11.909,31	10.015,54	10.981,95	9.761,73
	<b>Presupuesto</b>	<b>170.683,86</b>	<b>154.821,05</b>	<b>130.201,96</b>	<b>142.765,31</b>	<b>126.902,50</b>
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (€)</b>		<b>689.449,70</b>	<b>707.341,48</b>	<b>663.348,84</b>	<b>678.078,50</b>	<b>796.822,92</b>

Todo ello resulta prácticamente en un empate técnico: puntaje de 2,40 para la Variante 1 de la Alternativa 2 frente a 2,35 para la Solución Base de la Alternativa 2.

### 2.2.4 PROPUESTAS BASADAS EN APORTACIÓN DE ARENA MIXTA

Todas las alternativas anteriores se basan en la aportación de arena marina obtenida del yacimiento submarino definido en la Figura 66.- con un tamaño medio  $D_{50} = 0,197$  mm. Al tratarse de un tamaño muy similar al de la arena nativa ( $D_{50} = 0,193$  mm) el perfil de la nueva playa no intersectaría al de la playa actual hasta profundidades superiores a la -5,00, zona en la que se ha detectado la presencia de matas de *Cymodocea Nodosa*, como puede apreciarse en la Figura 7.-. Por dicho motivo todas las propuestas incluyen un espigón sumergido que intersecte con el pie de la nueva playa en su isóbata -2,50 y así se evite la afección a dicha fanerógama (que aparece a partir de la -3,75).

Tras la presentación de las propuestas anteriores a la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, una alternativa a la construcción del espigón semisumergido solicitada ha sido el empleo de una arena más gruesa de manera que su perfil de equilibrio (con mayor pendiente) intersecte con la batimetría actual en profundidades menores, fuera de la zona ocupada por *Cymodocea Nodosa*. Para ello se propone el uso de una arena mixta, mezcla de la arena marina procedente de la zona propuesta y de arena de origen terrestre, más gruesa.

En este caso se empleará, por tanto, una mezcla de la arena procedente de la zona situada a poniente del Puerto de Aiguadolç y de arena de origen terrestre de las canteras próximas a la zona de

proyecto, caracterizadas con unos tamaños medios  $D_{50} = 0,197$  mm y  $D_{50} = 0,91$  mm respectivamente y unas características físico-químicas que la hacen apta para este uso (tal como se vio en el Anejo nº 6). Se ha comprobado que el tamaño medio mínimo necesario de la arena mezcla para conseguir que el perfil de regeneración interseccione con la actual batimetría es  $D_{50} = 0,25$  mm, tal como puede apreciarse en la Figura 15.-, en la que se muestra el perfil de aportación dibujado sobre un perfil medio de la actual playa. El perfil de playa empleado en el diseño y en la cubicación del material requerido es el perfil de equilibrio con estrán lineal (o con modelo de disipación en la zona de rotura) con parámetro A obtenido mediante la fórmula de Hanson & Kraus, ya que es el mejor se adapta a las características actuales de la playa (tal como se vio en el Anejo nº 4). La cota de la berma superior se mantiene en la +1,75 m (C.A.) para tener en cuenta los efectos del cambio climático (ver Anejo nº 4). Para conseguir un tamaño medio  $D_{50} = 0,25$  mm la mezcla debe contener un 40 % de arena marina y un 60% de arena terrestre, tal como se aprecia en la Figura 16.-

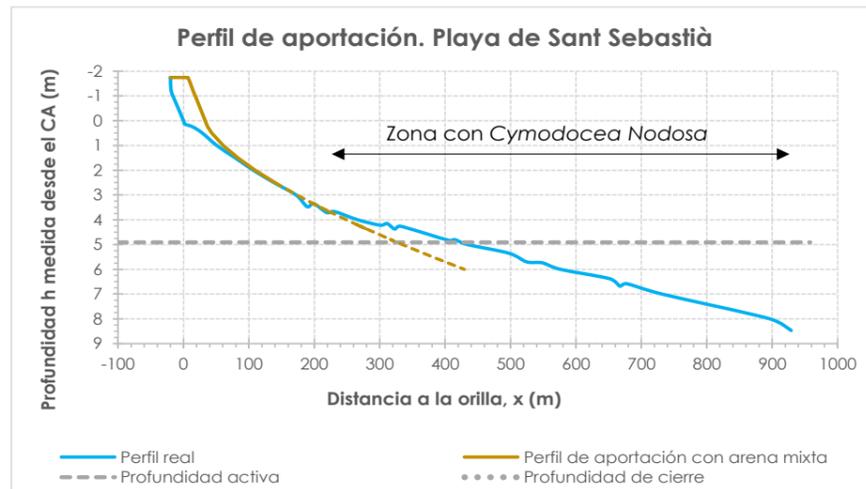


Figura 15.- Perfil de aportación con arena mixta con  $D_{50} = 0,250$  mm (Fuente: elaboración propia)

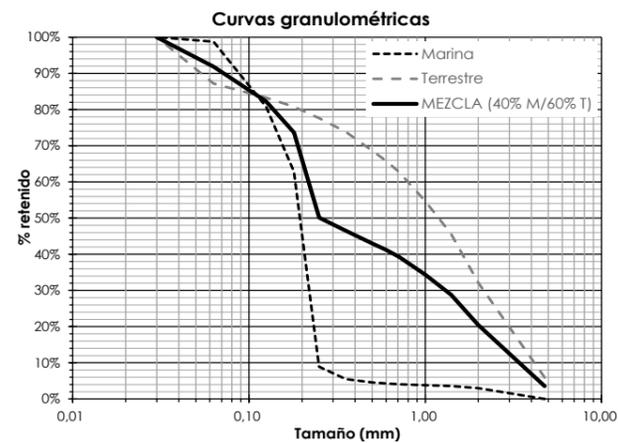


Figura 16.- Análisis granulométrico de la arena de origen marino, terrestre y de la mezcla con  $D_{50} = 0,25$  mm (Fuente: elaboración propia)

En particular se van a analizar alternativas de las propuestas 2 (Solución Base y Variante 1) ya que en el estudio anterior se han mostrado como las más efectivas (ver Tabla 6.-).

### 2.2.4.1 Descripción de la alternativa 5

#### 2.2.4.1.1 Solución Base

Consiste en la aportación de un total de  $17.500$  m<sup>3</sup> de arena (el 40 % de origen marino y el 60% de cantera, con un tamaño medio de al menos  $D_{50} = 1,20$  mm) y la construcción del espigón de la Alternativa 2 – Solución Base (perpendicular a la costa a levante de la playa, con una longitud de 150 m y coronado a la cota  $-0,25$  con objeto de reducir el impacto paisajístico. Su planta se muestra en la Figura 17.- y en el plano A7.5 (hoja 1). Tal como se ha comentado, con objeto de minimizar el impacto paisajístico los espigones se coronarían por debajo del nivel del mar (a la cota  $-0,25$  m) ya que su eficacia para detener el transporte de arenas es prácticamente la misma.

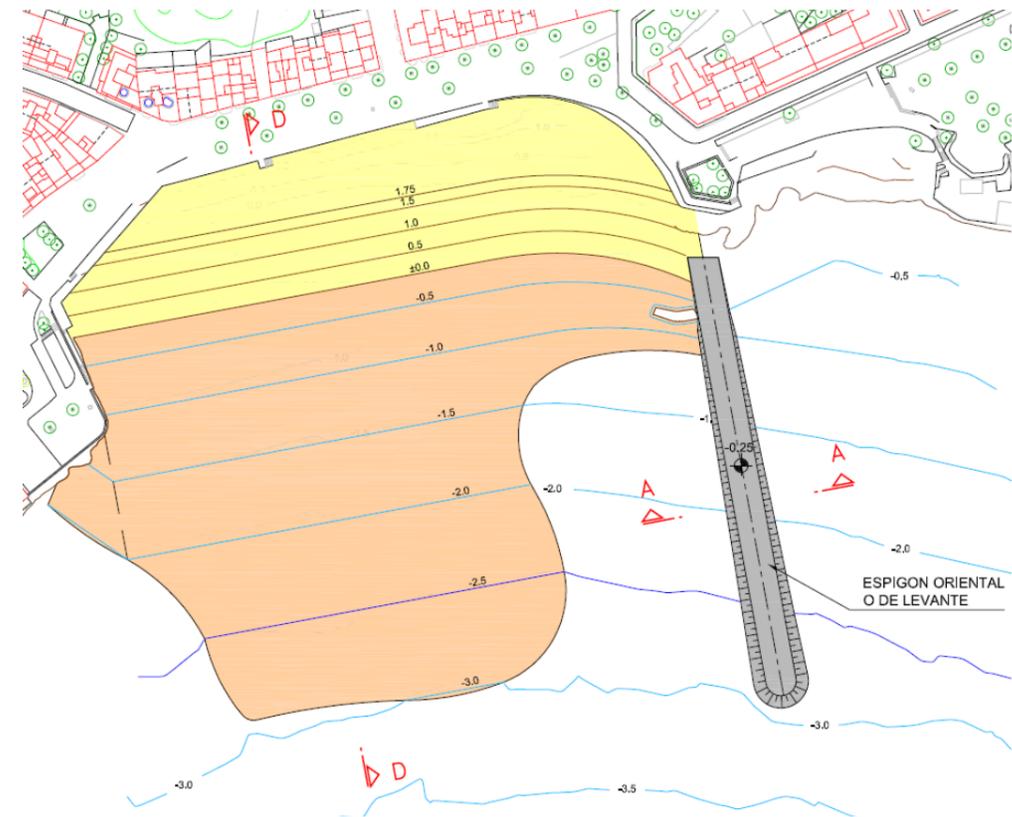


Figura 17.- Planta de la Solución Base de la Alternativa 5. (Fuente: Elaboración propia)

#### 2.2.4.1.2 Variante 1

Consiste en la aportación de un total de  $17.500$  m<sup>3</sup> de arena (el 40 % de origen marino y el 60% de cantera, con un tamaño medio de al menos  $D_{50} = 1,20$  mm) y la construcción del espigón de la Alternativa 2 – Variante 1 pero eliminando el tramo de espigón coronado a la  $-2,00$  y que actuaba solamente como pie de

playa. Su planta se muestra en la Figura 18.- y en el plano A7.5 (hoja 2). Con objeto de minimizar el impacto paisajístico los espigones se coronarían por debajo del nivel del mar (a la cota -0.25 m) ya que su eficacia para detener el transporte de arenas es prácticamente la misma.

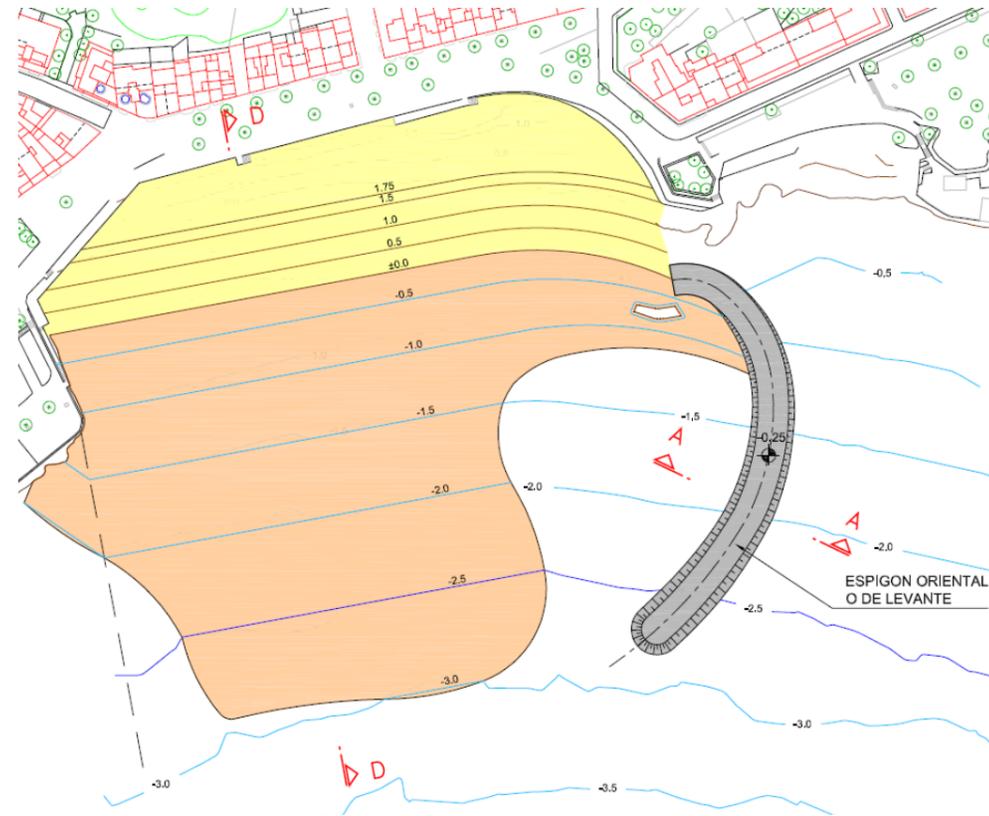


Figura 18.- Planta de la Variante 1 de la Alternativa 5. (Fuente: Elaboración propia)

#### 2.2.4.2 Comparación de la Solución Base y la Variante 1

Al análisis comparativo de alternativas mostrado en la Tabla 6.- se le ha añadido la Solución Base y la Variante 1 de la Alternativa 5 siguiendo los mismos criterios. El resultado final se muestra en la Tabla 8.-

- Los **aspectos técnicos** han sido valorados de la misma manera que en la Alternativa 2, ya que funcionalmente son muy similares. No obstante la inexistencia de un pie de apoyo no permite garantizar totalmente la estabilidad transversal, por lo que se han descontado [0,25] puntos respecto a la valoración de dicha propuesta, quedando la solución base y variante en [2,75] y [2,5] respectivamente.
- En cuanto al **impacto ambiental**, la ocupación de superficie de fondo ha sido puntuada con [1,75] algo superior al resto ya que se ocupa menor superficie, el impacto paisajístico ha sido valorado con [2] y [2,25], es decir, el mismo puntaje que la Alternativa 2 pues visualmente para el usuario de la playa el efecto es muy similar y el empleo de recursos ha sido puntuado con [1,99] y [2,00] de acuerdo al nuevo cómputo, teniendo en cuenta los volúmenes de escollera y arena terrestre y

marina. Además se ha tenido en cuenta por un lado el rechazo social que provoca el empleo de arena de origen terrestre (por lo que se ha descontado [0,25] puntos al subtotal), así como el efecto que provocará el vertido de la gran cantidad de finos que lleva la arena terrestre (entorno al 10%), por lo que se ha descontado otros [0,25] puntos al subtotal. De esa manera la puntuación por impacto ambiental de las alternativas queda del siguiente modo: Alternativa 0 = (3 + 3 + 3) / 3 = [3,00]; Alternativa 1 = (1,5 + 2,5 + 1,1) / 3 = [1,70]; Solución base de la Alternativa 2 = (1,5 + 2 + 1,1) / 3 = [1,53]; Variante 1 de la Alternativa 2 = (1,5 + 2,25 + 1,36) / 3 = [1,7]. Alternativa 3 = (1,5 + 2 + 1,14) / 3 = [1,55]; Alternativa 4 = (1,5 + 1,5 + 1) / 3 = [1,33], Solución base de la Alternativa 5 = (1,75 + 2,5 + 2) / 3 - 0,25 - 0,25 = [1,41]; Variante 1 de la Alternativa 5 = (1,75 + 2,75 + 2) / 3 - 0,25 - 0,25 = [1,5].

Tabla 8.- Comparación de alternativas añadiendo la Solución Base y Variante 1 de la Alternativa 5. (Fuente: elaboración propia)

Alternativa	Aspectos Técnicos (p = 0,30)	Aspectos ambientales (p = 0,30)			Coste de Inversión (p = 0,25)	Coste de Mantenimiento (p = 0,15)	PUNTAJACIÓN TOTAL
		Subtotal	Superficie ocupada	Impacto paisajístico			
0	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00	1,50
1	1,00	1,70	1,50	2,50	1,10	1,50	1,37
2 Base	3,00	1,53	1,50	2,00	1,10	3,00	2,21
2 Variante	2,75	1,70	1,50	2,25	1,36	3,00	2,23
3	2,50	1,55	1,50	2,00	1,14	2,75	2,03
4	2,00	1,33	1,50	1,50	1,00	2,50	1,70
5 Base	2,75	1,41(*)	1,75	2,00	1,99	2,50	2,14
5 Variante	2,50	1,50(*)	1,75	2,25	2,00	2,50	2,10

(\*): Al subtotal obtenido de los 3 conceptos analizados (superficie ocupada, impacto paisajístico y empleo de recursos) se le ha restado 0,25 puntos por el impacto provocado por los efectos de la gran cantidad de finos y vertidos por la arena terrestre (>10%) y 0,25 puntos por el rechazo social que comporta el uso de arena terrestre.

[0,00-0,75]	Nulo / Muy bajo / Muy positivo	[2,01-2,50]	Medio / Alto
[0,76-1,50]	Bajo / Positivo	[2,51-2,75]	Alto / Negativo
[1,51-1,75]	Medio / Bajo	[2,76-3,00]	Muy alto / Muy negativo
[1,76-2,00]	Medio		

- La **inversión** resultan ser las menores, por lo que de acuerdo al criterio empleado ha sido valorada con [1,97] y [2,00] frente a los [3,00] de la Alternativa 0 que no implica inversión. La inclusión de esa alternativa ha modificado la puntuación de este aspecto para el resto de soluciones. De este modo la Alternativa 1 ha sido puntuada con [1,32], la Solución Base de la Alternativa 2 con [1,26], la Variante 1 de la Alternativa 2 con [1,49], la Alternativa 3 con [1,35], la Alternativa 4 con [1,00] la Solución Base de la Alternativa 5 con [1,97] y finalmente la Variante 1 de la Alternativa 5 con [2,00]. En la Tabla 9.- se muestra la comparativa de presupuestos incluyendo esta variante,
- El **coste de mantenimiento** ha sido valorado con 0,50 puntos menos que la Alternativa 2 (Solución base y Variante 1) ya que la inexistencia del pie de apoyo provocará mayor pérdidas de arena y por tanto de reposición.

Tabla 9.- Presupuesto comparativo de las alternativas (Fuente: elaboración propia)

		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2 (SOLUC. BASE)	ALTERNATIVA 2 (VARIANTE 1)	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4	ALTERNATIVA 5 (SOLUC. BASE)	ALTERNATIVA 5 (VARIANTE 1)
<b>1. APORTACIÓN DE ARENA</b>								
m3 Dragado y vertido de arena	Prec. Unit.	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
	Medición	31.770,00	31.770,00	31.770,00	31.770,00	31.770,00	15.345,00	15.345,00
m3 Arena de origen terrestre	Prec. Unit.	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
	Medición	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.705,00	1.705,00
	<b>Presupuesto</b>	<b>238.275,00</b>	<b>238.275,00</b>	<b>238.275,00</b>	<b>238.275,00</b>	<b>238.275,00</b>	<b>157.712,50</b>	<b>157.712,50</b>
<b>2. ESPIGONES LATERALES</b>								
t Vertido y retirada de todo uno	Prec. Unit.	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
	Medición	2.739,45	4.241,97	4.241,97	2.200,80	4.940,25	2.739,45	2.917,22
	<b>Presupuesto</b>	<b>0,00</b>	<b>32.873,38</b>	<b>50.903,66</b>	<b>26.409,64</b>	<b>59.283,02</b>	<b>32.873,38</b>	<b>35.006,63</b>
t Colocac. Escollera 2000 kg	Prec. Unit.	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
	Medición	0,00	7.895,26	7.129,04	8.024,90	15.920,16	7.895,26	7.717,27
	<b>Presupuesto</b>	<b>0,00</b>	<b>118.428,85</b>	<b>106.935,66</b>	<b>120.373,56</b>	<b>238.802,41</b>	<b>118.428,85</b>	<b>115.759,11</b>
<b>3. ESPIGÓN DE PIE</b>								
t Vertido y retirada de todo uno	Prec. Unit.	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
	Medición	23.374,24	13.578,60	11.419,38	12.521,25	11.130,00	0,00	0,00
	<b>Presupuesto</b>	<b>280.490,84</b>	<b>162.943,20</b>	<b>137.032,56</b>	<b>150.255,00</b>	<b>133.560,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
t Colocac. Escollera 1000 kg	Prec. Unit.	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
	Medición	13.129,53	11.909,31	10.015,54	10.981,95	9.761,73	0,00	0,00
	<b>Presupuesto</b>	<b>170.683,86</b>	<b>154.821,05</b>	<b>130.201,96</b>	<b>142.765,31</b>	<b>126.902,50</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (€)</b>		<b>689.449,70</b>	<b>707.341,48</b>	<b>663.348,84</b>	<b>678.078,50</b>	<b>796.822,92</b>	<b>309.014,73</b>	<b>308.478,25</b>

Todo ello resulta prácticamente en un empate técnico: puntaje de 2,23 para la Variante 1 de la Alternativa 2 frente a 2,21 para la Solución Base de la Alternativa 2.

### 2.2.5 MÉTODO CONSTRUCTIVO DE LOS ESPIGONES

#### 2.2.5.1 Ejecución por medios terrestres

Los espigones cuyas plantas se incluyen en las figuras anteriores y la partir de los cuales se han efectuado las cubriciones de los materiales necesarios corresponden a las secciones tipo que se muestran en la Figura 19.- y en el plano A7.6 (hoja 1).

Puede apreciarse que das su baja cota de coronación (especialmente la de la sección B-B' correspondiente al pie de apoyo, es necesario aportar una considerable cantidad de todo uno que sirva para generar el camino de avance de los camiones y grúas que deben verter y colocar el material (de al menos 6 m de anchura a la cota +1,00) pero que luego deber ser excavado y retirado de la obra, con el consiguiente impacto tasto en cantera (ya que se tiene que extraer más material del estrictamente necesario) como por el transporte por camión (mayor número de viajes tanto en la aportación de material como en su posterior retirada) con el consiguiente impacto en la población.

Por todo ello en el siguiente apartado también se ha analizado el empleo de medios marítimos (gánguiles y plataformas) para su ejecución.

#### 2.2.5.2 Ejecución por medios marítimos

En la Figura 20.- y en el plano A7.6 (hoja 2) se muestran las secciones tipo de los espigones en el caso que se ejecutaran por medios marítimos. Se aprecia que el volumen de escollera necesario es considerablemente menor, en primer lugar por la no necesidad de aportar todo uno que luego deber

ser retirado, y en segundo lugar porque la anchura de los espigones puede reducirse ya que no viene condicionada por los métodos constructivos (camino de acceso de los camiones).

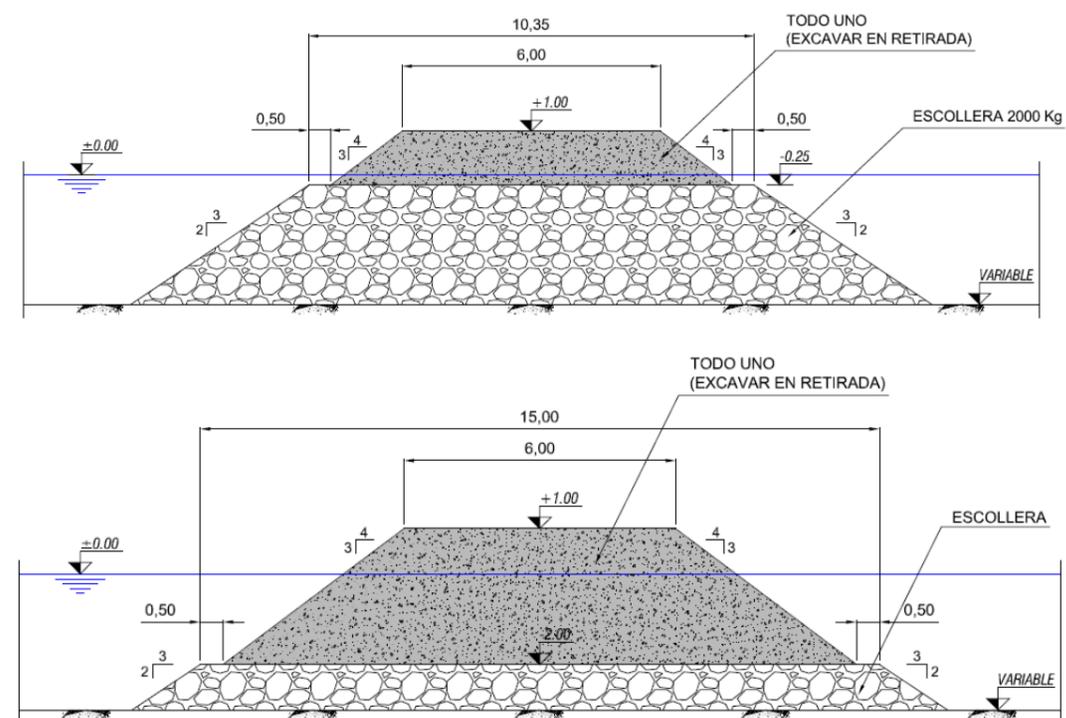


Figura 19.- Secciones tipo A-A' (superior) y B-B' (inferior) de los espigones ejecutados por medios terrestres (Fuente: elaboración propia)

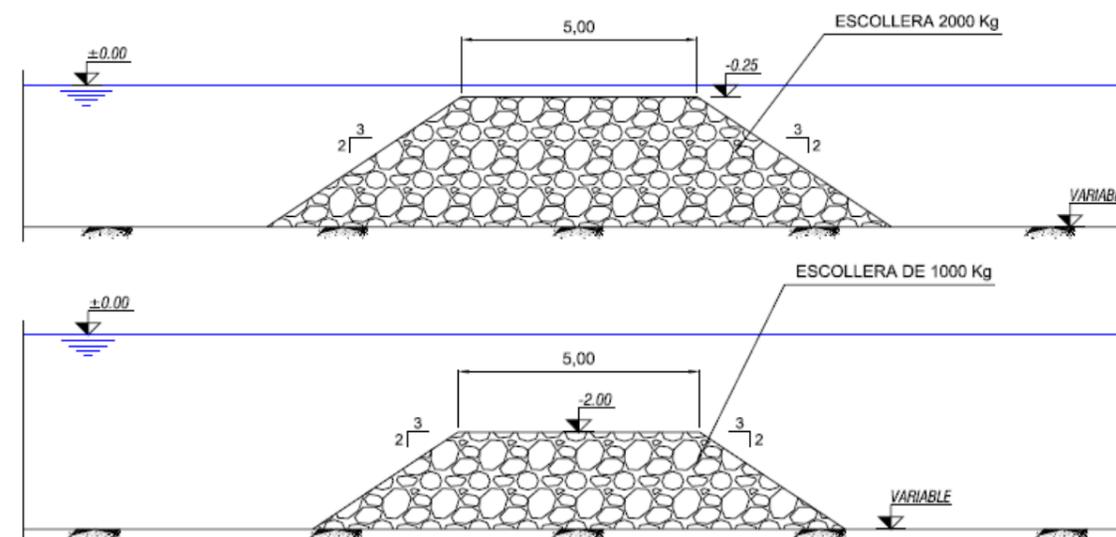


Figura 20.- Secciones tipo A-A' (superior) y B-B' (inferior) de los espigones ejecutados por medios marítimos (Fuente: elaboración propia)

2.2.5.3 Comparación del método de ejecución

De manera análoga a como se hizo para las alternativas en planta se ha efectuado un análisis comparativo de la ejecución por medios terrestres y marítimos de los espigones teniendo en cuenta los aspectos técnicos, ambientales y económicos, el cual se muestra en la Tabla 10.-, en la que solamente se ha considerado la alternativa 2 (Base y Variante 1) ya que han resultado las de mayor puntuación en el análisis realizado anteriormente. La puntuación de ambas propuestas por medios terrestres es la misma que en la Tabla 8.- y en cuanto a los medios marítimos, en aquellos aspectos en los que no tiene influencia el modo de ejecución (aspectos técnicos, impacto paisajístico y costos de mantención) se ha dejado la misma puntuación y en los que sí tienen influencia (empleo de recursos, superficie ocupada y costes de inversión) la puntuación de la Variante 1 ha sido incrementada en [0,2] ya que ocupan menor superficie, requiere menores recursos de escollera y tiene menor presupuesto (ver Tabla 11.-). En cuanto a la inversión la puntuación final es consistente con el orden decreciente de la inversión: Variante por medios marítimos y terrestres y Base por medios marítimos y terrestres.

Tabla 10.- Comparación de la alternativa 2 (Base y Variante 1) considerando medios terrestres y marítimos en la ejecución de los espigones. (Fuente: elaboración propia)

Alternativa	Aspectos Técnicos (p = 0,30)	Aspectos ambientales (p = 0,30)				Coste de Inversión (p = 0,25)	Coste de Mantenimiento (p = 0,15)	PUNTAJÓN TOTAL
		Subtotal	Superficie ocupada	Impacto paisajístico	Empleo de recursos			
2 Base (med. terr.)	3,00	1,53	1,50	2,00	1,10	1,26	3,00	2,21
2 Var. (med. terr.)	2,75	1,70	1,50	2,25	1,36	1,49	3,00	2,23
2 Base (med. marit)	3,00	1,67	1,70	2,00	1,30	1,46	3,00	2,29
2 Var. (med. marit)	2,75	1,84	1,70	2,25	1,56	1,69	3,00	2,31

[0,00-0,75]	Nulo / Muy bajo / Muy positivo	[2,01-2,50]	Medio / Alto
[0,76-1,50]	Bajo / Positivo	[2,51-2,75]	Alto / Negativo
[1,51-1,75]	Medio / Bajo	[2,76-3,00]	Muy alto / Muy negativo
[1,76-2,00]	Medio		

Se concluye que, además de la menor inversión, la Variante 1 de la Alternativa 2 por medios marítimos tiene la mayor puntuación [2,31], seguida de la Solución Base por medios marítimos con [2,29].

2.2.6 PROPUESTA FINAMENTE SELECCIONADA

Por todo lo expuesto anteriormente, la alternativa finamente seleccionada es la denominada Variante 1 de la Alternativa 2 con espigones ejecutados por medios marítimos, cuya planta se muestra en la Figura 21.- y en el plano EIA-5.8.

A continuación se describe con más detalle la alternativa seleccionada y que será desarrollada en el Proyecto Constructivo.

Tabla 11.- Presupuesto comparativo de la alternativa 2 (Base y Variante 1) considerando medios terrestres y marítimos en la ejecución de los espigones (Fuente: elaboración propia)

EJECUCIÓN DE ESPIGONES POR MEDIOS TERRESTRES				EJECUCIÓN DE ESPIGONES POR MEDIOS MARÍTIMOS			
		ALTERNATIVA 2 (SOLUC. BASE)	ALTERNATIVA 2 (VARIANTE 1)			ALTERNATIVA 2 (SOLUC. BASE)	ALTERNATIVA 2 (VARIANTE 1)
<b>1. APORTACIÓN DE ARENA</b>							
m3 Dragado y vertido de arena	Prec. Unit.	7,50	7,50	m3 Dragado y vertido de arena	Prec. Unit.	7,50	7,50
	Medición	31.770,00	31.770,00		Medición	31.770,00	31.770,00
m3 Arena de origen terrestre	Prec. Unit.	25,00	25,00	m3 Arena de origen terrestre	Prec. Unit.	25,00	25,00
	Medición	0,00	0,00		Medición	0,00	0,00
	<b>Presupuesto</b>	<b>238.275,00</b>	<b>238.275,00</b>		<b>Presupuesto</b>	<b>238.275,00</b>	<b>238.275,00</b>
<b>2. ESPIGONES LATERALES</b>							
f Vertido y retirada de todo uno	Prec. Unit.	12,00	12,00	f Vertido y retirada de todo uno	Prec. Unit.	42,00	42,00
	Medición	2.739,45	4.241,97		Medición	0,00	0,00
	<b>Presupuesto</b>	<b>32.873,38</b>	<b>50.903,66</b>		<b>Presupuesto</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
f Colocac. Escollera 2000 kg	Prec. Unit.	15,00	15,00	f Colocac. Escollera 2000 kg	Prec. Unit.	46,00	46,00
	Medición	7.895,26	7.129,04		Medición	4.824,94	3.844,17
	<b>Presupuesto</b>	<b>118.428,85</b>	<b>106.935,66</b>		<b>Presupuesto</b>	<b>221.947,33</b>	<b>176.831,69</b>
<b>3. ESPIGÓN DE PIE</b>							
f Vertido y retirada de todo uno	Prec. Unit.	12,00	12,00	f Vertido y retirada de todo uno	Prec. Unit.	42,00	42,00
	Medición	13.578,60	11.419,38		Medición	0,00	0,00
	<b>Presupuesto</b>	<b>162.943,20</b>	<b>137.032,56</b>		<b>Presupuesto</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
f Colocac. Escollera 1000 kg	Prec. Unit.	13,00	13,00	f Colocac. Escollera 1000 kg	Prec. Unit.	46,00	46,00
	Medición	11.909,31	10.015,54		Medición	5.079,60	4.271,86
	<b>Presupuesto</b>	<b>154.821,05</b>	<b>130.201,96</b>		<b>Presupuesto</b>	<b>233.661,54</b>	<b>196.505,52</b>
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (€)</b>		<b>707.341,48</b>	<b>663.348,84</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (€)</b>		<b>693.883,87</b>	<b>611.612,22</b>

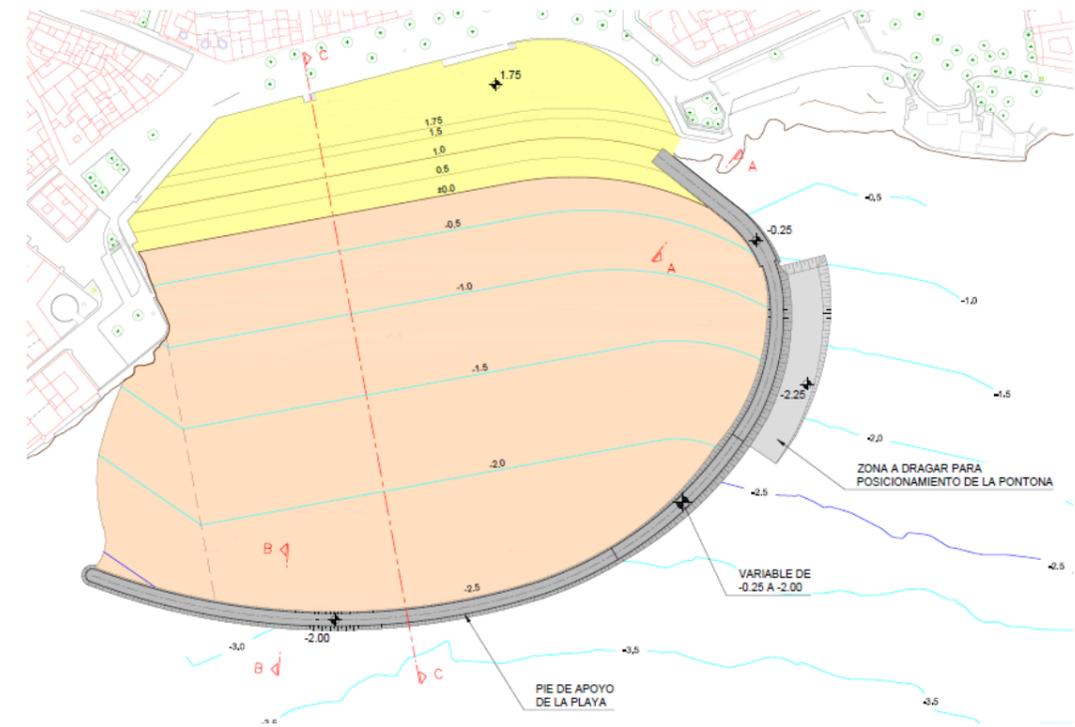


Figura 21.- Planta de la Alternativa finalmente escogida (Fuente: elaboración propia)

2.3 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Según la Memoria del Proyecto, las obras analizadas corresponden a la estabilización de la playa de Sant Sebastià, situada en el extremo oriental núcleo urbano de la población de Sitges, en el término

municipal del mismo nombre. Los elementos más significativos de la actuación propuesta (ver Figura 21.- y plano EIA-6) son:

- Construcción de un espigón sumergido, con una cota de coronación variable : a la cota -0,25 m r/CA en el tramo inicial , la -2,50 m r/CA en el tramo final y una cota variable en el tramo de transición entre los dos anteriores. El arranque del espigón se sitúa a levante de la playa (con objeto de evitar la pérdida de arena en dirección de oeste a este y la generada por una corriente de retorno en dirección hacia alta mar, cuya presencia se ha detectado en los estudios de detalle) y va girando hasta convertirse en un pie sumergido para contener el perfil sumergido que formará la arena vertida.
- Recarga de la playa de Sant Sebastià con arena marina extraída de la zona situada frente a la bocana del Puerto de Aiguadolç.
- Hito en el arranque del espigón
- Obras auxiliares que permitan el acceso de la maquinaria terrestre a la playa.

A continuación se describen los elementos más significativos de la actuación.

### 2.3.1 ESPIGÓN

A continuación se describen las secciones tipo del espigón, que se muestran en la Figura 22.- y en plano EIA-7.2.

- Sección tipo A-A: corresponde al tramo ejecutado por medios terrestres y alcanza una profundidad de -1 m CA. Consiste en una sección trapezoidal formada por cantos de escollera con una masa media de 1.000 kg con una anchura de coronación de 6,75 m a la cota -0,25 m CA y taludes 1,5H:1V. No obstante para poder ejecutarla por medios terrestres es necesario el vertido de todo uno hasta la cota +0,50 de manera que haya continuidad con la sección F-F del acceso provisional con una anchura de 4,50 m y taludes 1,5H:1V (ver apartado 2.3.4).
- Sección tipo B-B: corresponde al primer tramo ejecutado por medios marítimos y alcanza una profundidad de -2,25 m CA. Consiste en una sección trapezoidal formada por cantos de escollera con una masa media de 2.000 kg con una anchura de coronación de 5,00 m a la cota -0,25 m CA y taludes 1,5H:1V. No obstante para su ejecución por medios marítimos resulta necesario realizar un dragado lateral que permita la ubicación de la pontona desde la cual se coloca la escollera. La anchura de este dragado a la cota -2,25 m CA es de 15,00 m y los taludes 3H:1V.
- Sección tipo C-C: corresponde al tramo de transición entre los tramos coronados a la cota -0,50 m CA (sección B-B) y -2,00 m (sección D-D) y alcanza una profundidad de -3,00 m CA (con la función de pie de apoyo de la arena). Consiste en una sección trapezoidal formada por cantos de escollera con una masa media de 2.000 kg con una anchura de coronación de 5,00 m a una cota variable entre la -0,25 m CA y la -2,00 m CA y taludes 1,5H:1V.
- Sección tipo D-D: corresponde al último tramo (con la función de pie de apoyo de la arena). Consiste en una sección trapezoidal formada por cantos de escollera con una masa media de 1.000 kg con una anchura de coronación de 5,00 m a la cota -0,25 m CA y taludes 1,5H:1V.

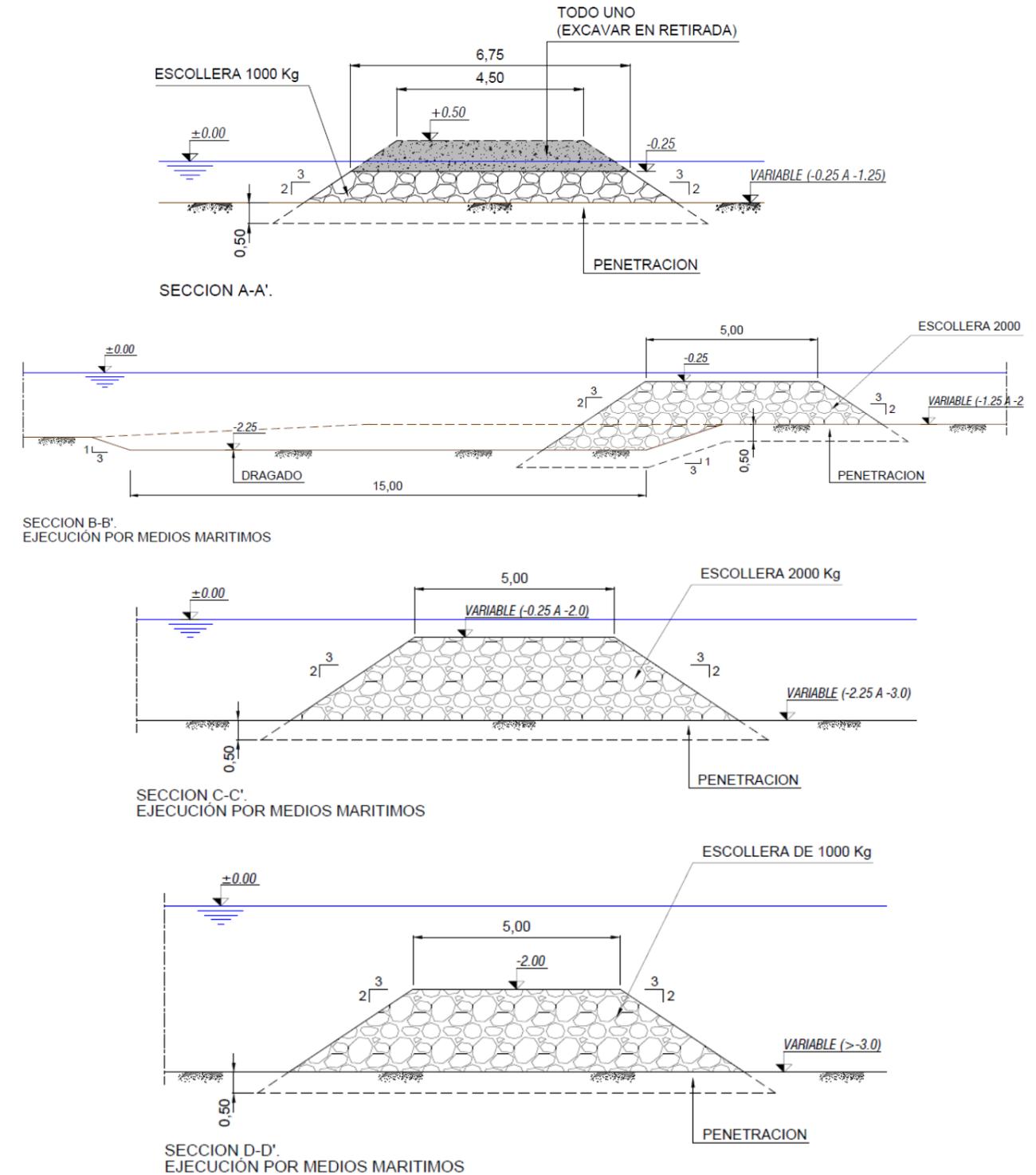


Figura 22.- Secciones tipo del espigón (Fuente: elaboración propia)

### 2.3.2 APORTACIÓN DE ARENA

La playa será regenerada mediante arena de aportación de origen marino con un tamaño medio  $D_{50} = 0,197$  mm. El volumen de aportación ha sido obtenido a partir del perfil teórico de equilibrio con estrán lineal coronado a la cota +1,75 m CA. A esta cota se proyecta la berma superior de anchura variable, a partir de la cual se inicia el estrán lineal emergido entre las cotas +1,75 y +0,0 m CA con una pendiente constante 15H:1V y a continuación el tramo sumergido en el que la pendiente va incrementándose paulatinamente: así la cota -1,00 m CA se sitúa a 38,00 m de la línea de orilla (pendiente media 38H:1V), la cota -2,00 m CA a 106,80 m (pendiente media 53,4:1V) y la cota -2,50 m CA a 149,10 m (pendiente media 59,6H:1V), tal como se muestra en la Figura 23.- y en el plano EIA-8.2.

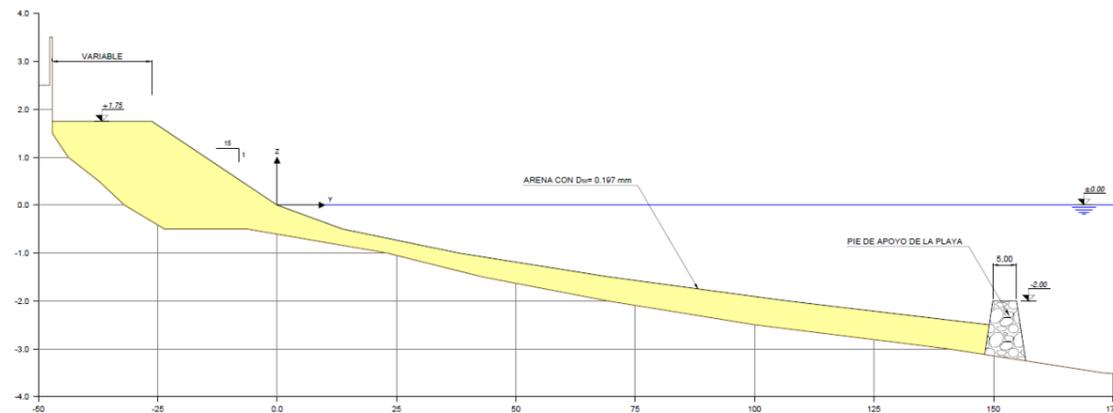


Figura 23.- Sección tipo de la aportación de arena (Fuente: elaboración propia)

### 2.3.3 HITO EN EL ARRANQUE DEL ESPIGÓN

En el arranque del espigón se propone un hito de reducidas dimensiones consistentes en una rampa de hormigón en masa HM-30 con una forma en planta de espiral de Arquímedes, una anchura de 1,25 m y una pendiente longitudinal del 1°. Su altura máxima sería de 1,80 m y su diámetro máximo en la base de 10,60 m por lo que su intrusión paisajística es menor (ver Figura 24.- ) y dota al entorno de otro conjunto escultórico.

### 2.3.4 OBRAS AUXILIARES

Para permitir el acceso de la maquinaria terrestre a la playa desde el paseo se deberá desmontar parte de la barandilla y se construirá una rampa para camiones con todo uno (sección F-F), con una anchura de 4,50 m y una pendiente del 10 % hasta alcanzar la cota +0,50 m a partir de la cual se mantendrá horizontal hasta llegar al arranque de la sección A-A del espigón (ver plano EIA-9). Una vez finalizadas las obras esta rampa será desmantelada y la barandilla repuesta, así como el pavimento del paseo marítimo que eventualmente sea afectado por las obras.



Figura 24.- Perspectiva del hito en el arranque del espigón (Fuente: elaboración propia)

### 2.3.5 BALANCE DE MATERIALES

Las magnitudes básicas aproximadas del proyecto son:

Arena marina para la regeneración:	24.030 m <sup>3</sup>
Escolleras de aportación	5.022 m <sup>3</sup> (volumen aparente)

### 3. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO. INVENTARIO AMBIENTAL

#### 3.1 METEOROLOGÍA

El clima de Sitges es del tipo mediterráneo con influencia marítima. El clima se considera Csa de acuerdo al sistema de clasificación Köppen-Geiger. La presencia del macizo del Garraf hace que la población (y en general la comarca del Garraf) esté al abrigo de los vientos fríos del norte y de los secos del oeste. Este hecho acentúa aún más la influencia marítima. La temperatura media anual está en los 16.6° C.

Los inviernos son atemperados con heladas muy escasas. La media mensual de enero (el más frío) oscila entre 6,6° y 13° C, con un valor promedio de 9,8° C. Los veranos son muy secos y calurosos, aunque la marinada atenúa los efectos de las temperaturas elevadas. Las temperaturas medias mensuales de agosto (el más cálido) se sitúan entre 20,6 y 27,8° C con un valor promedio de 24,2° C. La proximidad al mar hace que la humedad siempre sea bastante elevada.

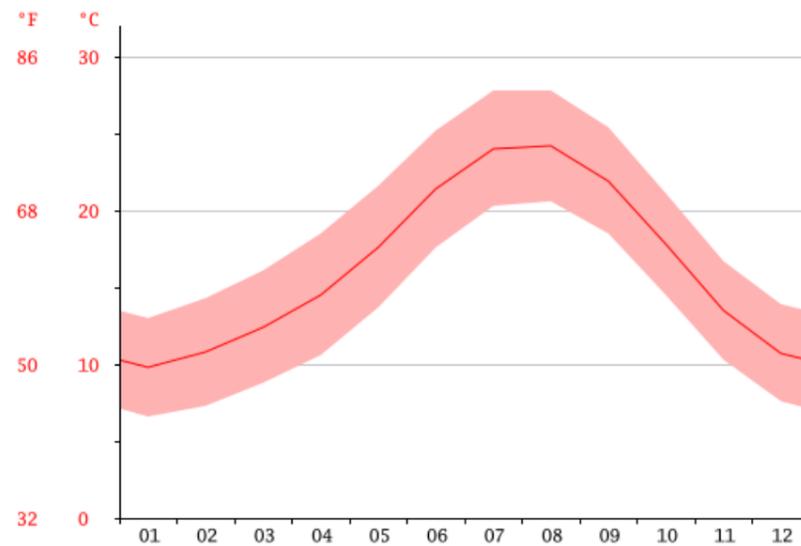


Figura 25.- Diagrama de temperaturas mínima, media y máxima mensuales en Sitges (Fuente: www.climate-data.org)

Las precipitaciones son escasas: las medias anuales se sitúan alrededor de los 594 mm. El verano es la estación más seca, sobre todo durante julio en el que la precipitación media es de 22 mm. El invierno también es normalmente seco, con una precipitación mínima en febrero de 34 mm. El otoño es la estación más lluviosa, alcanzándose en octubre los 88 mm. Las lluvias son muy irregulares, con años muy secos y otros algo más lluviosos. Las lluvias son a menudo intensas y torrenciales.

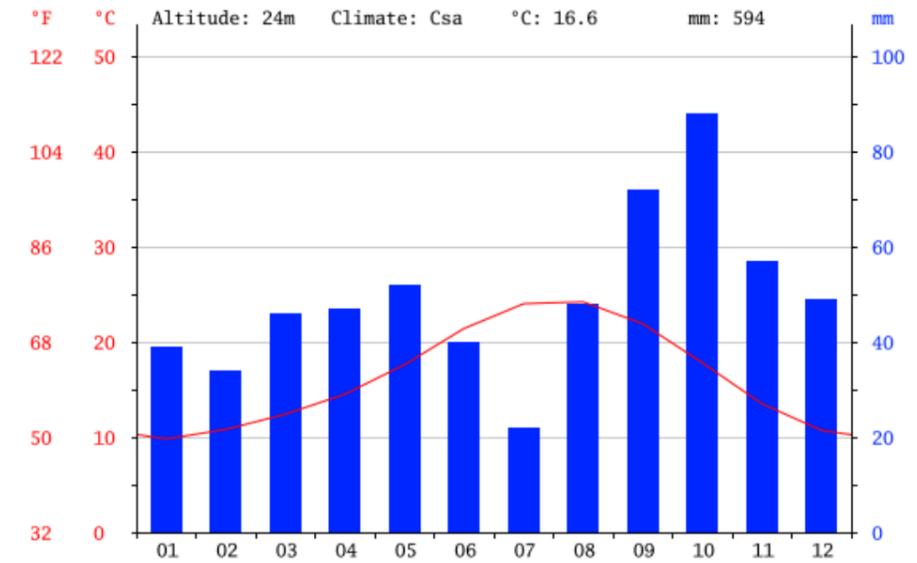


Figura 26.- Diagrama de precipitaciones y temperaturas medias mensuales en Sitges (Fuente: www.climate-data.org)

#### 3.2 CALIDAD DEL AIRE

La Red de Vigilancia y Previsión de la Contaminación Atmosférica (XVPCA) de la Generalitat de Catalunya define el denominado Índice de Calidad del Aire (ICQA), parámetro que traduce a una misma escala (escala de los efectos sobre la salud de las personas o escala del ICQA) las concentraciones de cada uno de los contaminantes medidos en las estaciones. La relación de indicadores que se ha establecido entre los niveles de inmisión y el ICQA se muestra en la Tabla 12.- Así la calidad del aire será buena, regular o pobre dependiendo del valor del ICQA alcanzado: buena (color verde) si  $ICQA \geq 50$ , regular si  $0 \leq ICQA < 50$  y mala si  $ICQA < 0$

Tabla 12.- Relación de indicadores que se ha establecido entre los niveles de inmisión y el ICQA (Fuente: Generalitat de Catalunya)

	ICQA	100 a 50	49 a 0	-1 a -50	-51 a -100
VALORS D'IMISSIÓ	O3 1h (µg/m³)	0 - 110	111 - 180	181 - 240	> 241
	PM10 24 h (µg/m³)	0 - 35	36 - 50	51 - 75	> 76
	CO 8h (mg/m³)	0 - 5	6 - 10	11 - 15	> 16
	SO2 1h (µg/m³)	0 - 200	201 - 350	351 - 500	> 501
	NO2 1h (µg/m³)	0 - 90	91 - 200	201 - 400	> 401
QUALITAT DE L'AIRE		BONA	REGULAR	POBRE	
ICQA		$\geq 50$	0 - 49	< 0	

En la Figura 27.- se muestran los resultados del ICQA en la estación más próxima a la zona de estudio (Vallcarca-Sitges) durante los últimos 12 meses (a partir del 19/07/17 esta estación no ofrece resultados). Puede apreciarse que durante todo el tiempo la calidad del aire fue buena (ICQA  $\geq$  50).

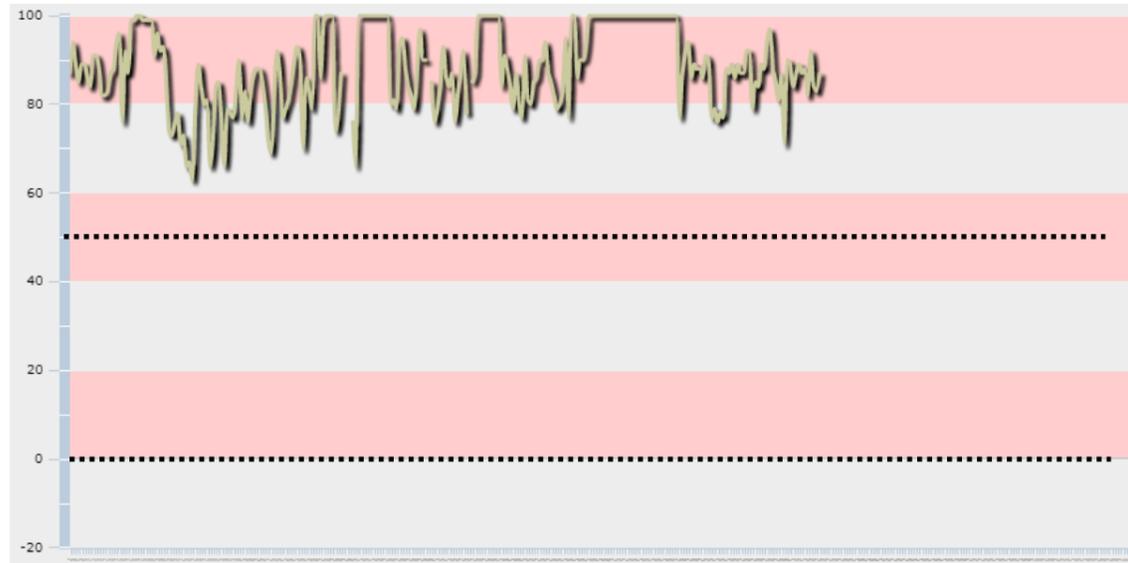


Figura 27.- Evolución del ICQA durante el último año en la estación Vallcarca-Sitges (Fuente: Generalitat de Catalunya)

Por consiguiente en términos medios puede caracterizarse la calidad del aire de la zona como buena.

### 3.3 TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA

#### 3.3.1 BATIMETRÍA

La campaña batimétrica para adquirir la información de la zona de estudio se ha realizado a finales de febrero de 2016 ya que las condiciones marítimas impidieron efectuarlo previamente. El área de dragado comprende una zona de 700 m de largo por 350 m de ancho. El área de la zona de aportación prospectada ha sido de 900 m de largo y 400 m de ancho aproximadamente. El objetivo de esta campaña hidrográfica es el análisis tridimensional y modelado de la zona de actuación (parte sumergida de la playa de Sant Sebastià) y de la zona de extracción (dragado), entre las cotas batimétricas -1 y -8 m.

Se ha realizado las campañas en base al sistema de referencia ETRS89, sistema oficial en la actualidad, que en Cataluña tiene asociado el geoide EGM08D595. Desde un punto de vista altimétrico, el datum vertical empleado ha sido el Cero Alicante (CA) o Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA). Este datum vertical está vinculado en Catalunya al geoide EGM08D595.

Los detalles de los equipos y metodología empleada se muestran en el Anejo nº 1 del Proyecto.

#### 3.3.2 TOPOGRAFÍA

La campaña topográfica de la zona de aportación se ha realizado en el mes de febrero de 2016. Además de la campaña se realiza el posterior análisis tridimensional y modelado de la playa, así como la realización de una serie de perfiles transversales para conocer las variaciones del terreno en las zonas de mayor interés.

Se ha realizado las campañas en base al sistema de referencia ETRS89, sistema oficial en la actualidad, que en Cataluña tiene asociado el geoide EGM08D595. Desde un punto de vista altimétrico, el datum vertical empleado ha sido el Cero Alicante (CA) o Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA). Este datum vertical está vinculado en Catalunya al geoide EGM08D595.

Los detalles de los equipos y metodología empleada se muestran en el Anejo nº 1 del Proyecto.

#### 3.3.3 RESULTADOS

En la Figura 28.- se presentan los resultados de la topografía y batimetría en planta integrados en una misma imagen, cuyo detalle para la playa de Sant Sebastià se muestra en la Figura 29.- En cualquier caso el resultado final del levantamiento topográfico puede apreciarse con mayor detalle en el plano A1.1, que se incluye en el apéndice de planos de este documento.



Figura 28.- Topobatemetría general (Fuente: Tecnoambiente)

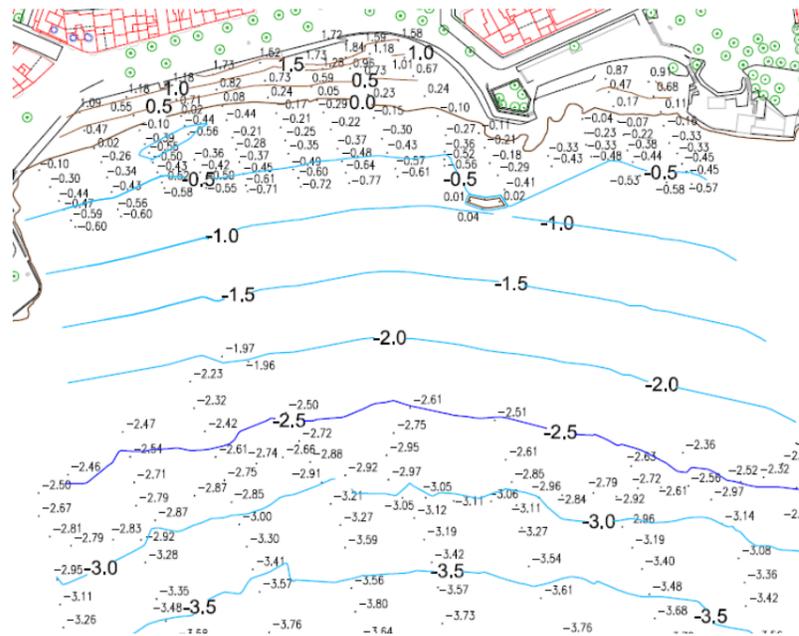


Figura 29.- Topobatemetría de detalle de la playa de Sant Sebastià (Fuente: Tecnoambiente)

### 3.4 NATURALEZA GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA Y SEDIMENTARIA DE LOS FONDOS

#### 3.4.1 MARCO GEOLÓGICO

Geográficamente el área de estudio se ubica en la parte de la depresión pre-litoral catalana, que es una llanura alargada en dirección ENE-WSW formada entre la Cordillera Litoral (que en esta zona es el Macizo del Garraf) como se muestra en la Figura 30.- .

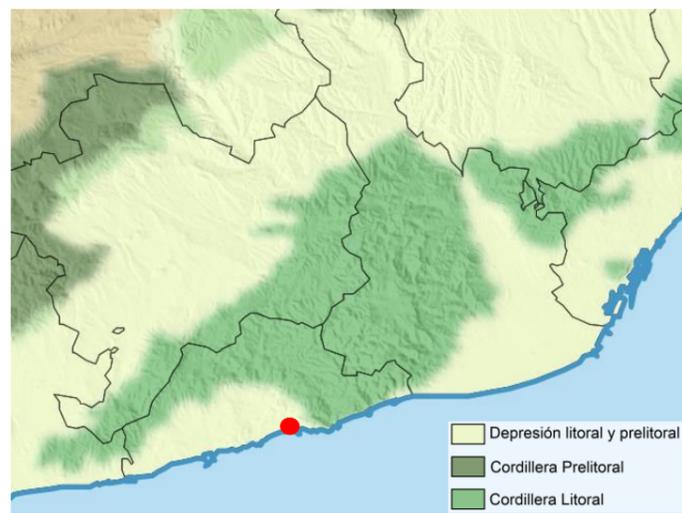


Figura 30.- Unidades geológicas principales en la zona (Fuente: Generalitat de Catalunya)

Tal como puede apreciarse en la Figura 31.- , el macizo está formado en una primera parte (más oriental) por bloques paleozoicos entre los cuales aparece una faja de rocas del Triásico inferior. La segunda parte, junto a la anterior, pertenece al Triásico medio y la tercera (la más occidental) está integrada por rocas calcáreas y dolomíticas del Cretácico con materiales cenozoicos (en particular del Mioceno) y constituye la parte más alta del macizo (

Por lo que respecta a la depresión litoral, en la que se ubica la zona de proyecto, está formada mayoritariamente por materiales pleistocénicos y holocénicos (arcillas, gravas, costras y suelos) con alguna formación rocosa mesozoica del Cretácico inferior (calizas grises a negras y calcarenitas cremas –salobre y nerítico–) y del Jurásico (dolomías negras), tal como puede apreciarse en la Figura 32.-

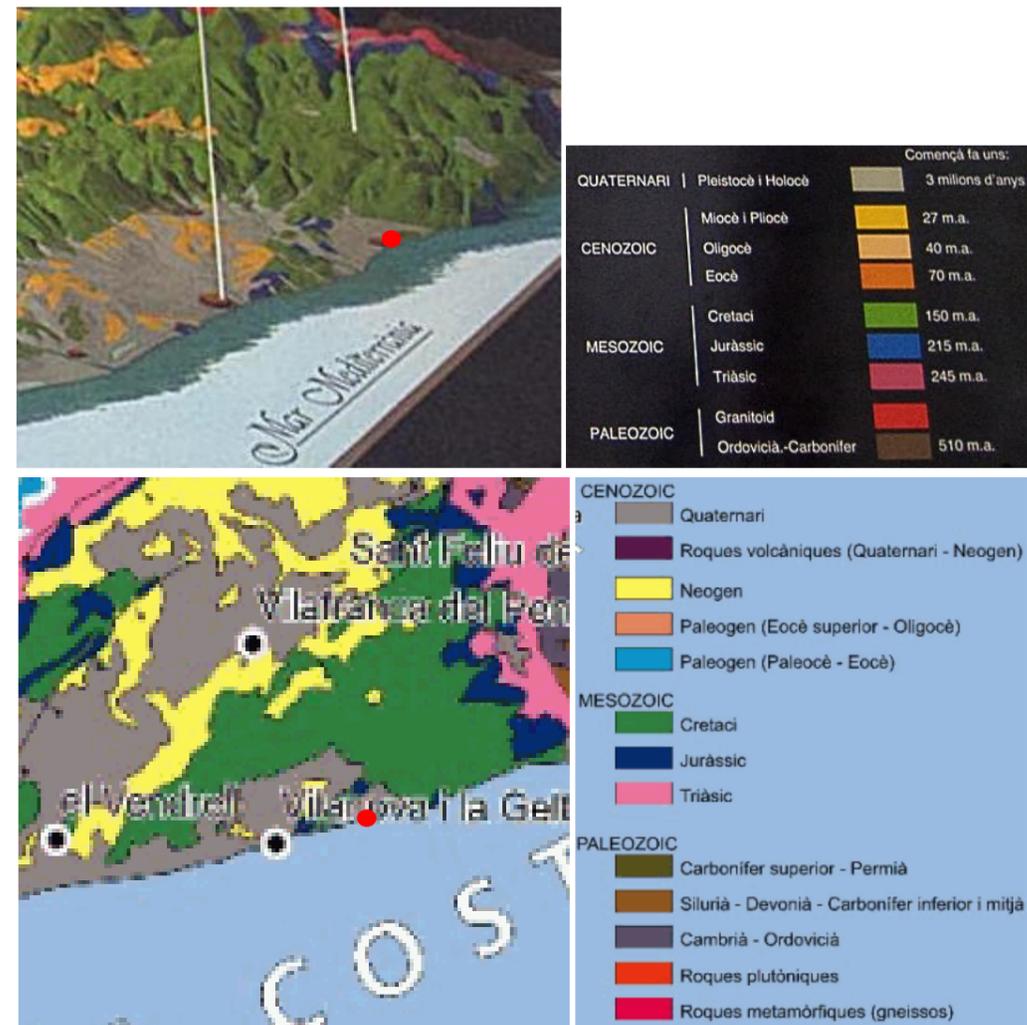


Figura 31.- Composiciones geológicas principales del entorno (Fuente: Institut d'Estudis Penedesencs (imagen superior) y Generalitat de Catalunya (imagen inferior))

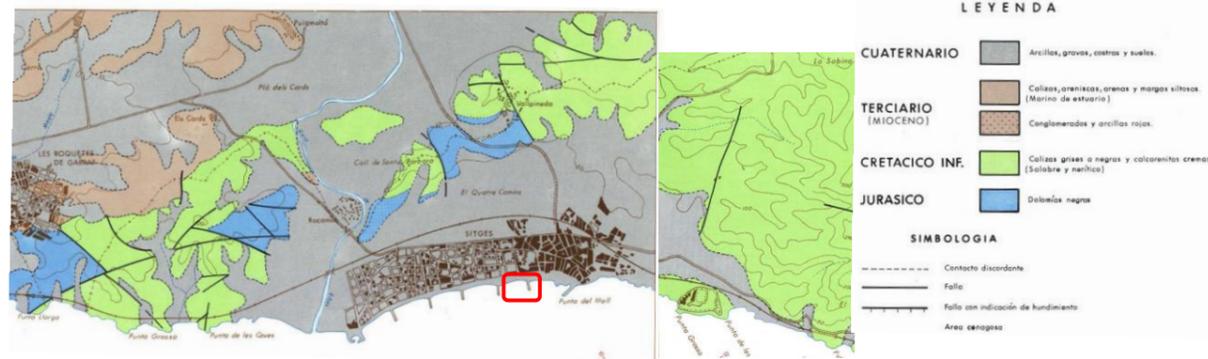


Figura 32.- Composiciones geológicas principales de la zona de proyecto (Fuente: Instituto Tecnológico Geominero de España)

### 3.4.2 GEOMORFOLOGÍA MARINA

A continuación se presenta el estudio geomorfológico, mediante el que se han actualizado los datos geomorfológicos del entorno de la zona de aportación, en la playa de San Sebastián y la zona de extracción (dragado), entre la playa y el puerto de Aiguadolç, y que se detalla en el Anejo nº 1 del proyecto.

En base a los registros obtenidos con el Sónar de Barrido Lateral (SBL) y al Perfilador de Fondo (SBP) se ha realizado una cartografía morfológica de detalle del fondo marino de las diferentes zonas. El análisis permite diferenciar el tipo de sedimento según la reflectividad así como objetos y/o rocas en el lecho marino.

#### 3.4.2.1 Interpretación de los resultados del sónar

A partir de los datos obtenidos con el sónar de barrido lateral y su procesado, se ha obtenido una cobertura total del fondo marino del área de estudio.

Estos datos han proporcionado información en detalle de los tipos de fondo marino, condiciones oceanográficas, rugosidad de los fondos, comunidades naturales, así como la detección de elementos antrópicos ubicados en el lecho marino. Para la obtención de una cobertura total de esta área de estudio se realizó un proyecto de líneas con una distancia de 75 m entre ellas.

En primer lugar se ha llevado a cabo el montaje de un mapa-mosaico con todos los datos de sónar en un mismo plano. A partir de la interpretación de los datos de sónar de barrido lateral se ha caracterizado la geomorfología de la zona de estudio y a continuación se han detectado diferentes tipos de fondo así como elementos antrópicos.

Para la interpretación del mosaico se ha considerado la intensidad de retro-difusión, que consiste en el análisis de la intensidad de la señal que vuelve al receptor (*Rays out*) después de su interacción con el fondo marino y la comparación de la misma respecto a la señal emitida por el equipo (*Ray in*).

La intensidad de la señal de retro-difusión da información de la rugosidad del fondo marino. En el caso en estudio, la intensidad de la señal recibida es directamente proporcional al grado de rugosidad. Por este motivo, cuando se recibe una señal de elevada intensidad se visualiza un tipo de fondo más bien rugoso e irregular, como por ejemplo ocurre para fondos rocosos o fondos vegetados, mientras que intensidades más débiles se representan a través de imágenes del lecho marino más planas, lisas y regulares, como por ejemplo se obtienen en el caso de fondos detríticos sin cobertura vegetal.

El análisis sonográfico se ha centrado en caracterizar de forma genérica los principales tipos de fondo que se identifican a nivel superficial, enfocando la interpretación con especial interés en los tipos de fondo que pueden ser ocupados por comunidades biológicas marinas de tipo bentónico. En la Figura 33.- se muestra el plan de líneas realizado simultáneamente con los equipos del Sónar de barrido lateral y el perfilador de fondo (SBP).



Figura 33.- Líneas realizadas con el sónar de barrido lateral y el perfilador de fondo (Fuente: Tecnoambiente)

#### 3.4.2.2 Caracterización geomorfológica de los fondos

A partir de los datos obtenidos con el sónar de barrido lateral, su procesado y posterior interpretación se han identificado los siguientes tipos de fondo: Arenas finas y praderas de *Cymodocea nodosa*. En la Figura 34.- se muestra una imagen del mosaico obtenido así como la interpretación geomorfológica de toda la zona de estudio.

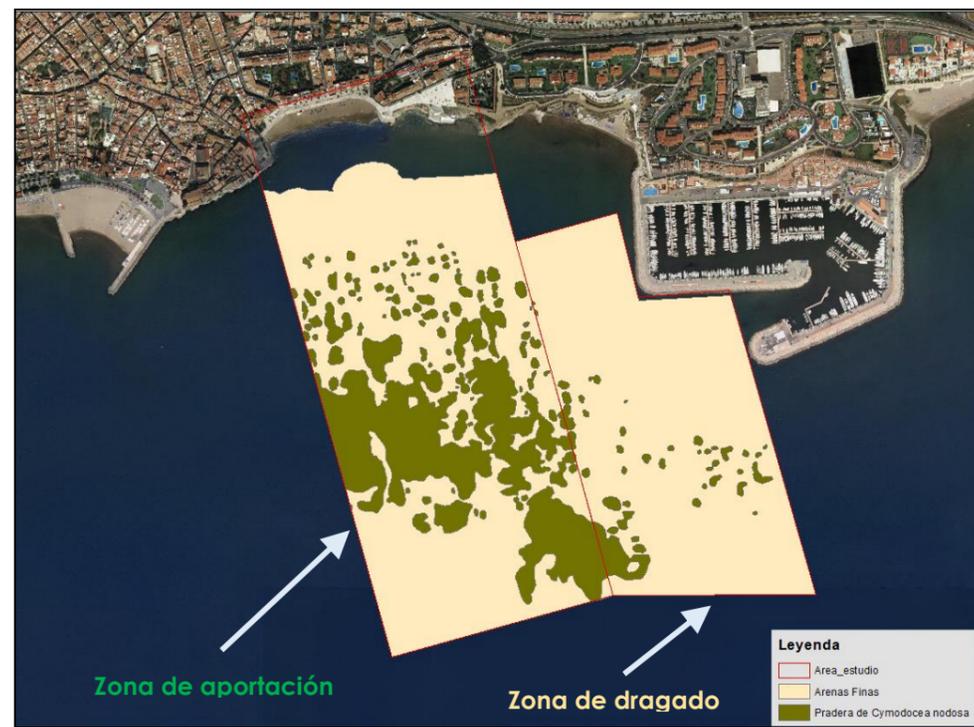
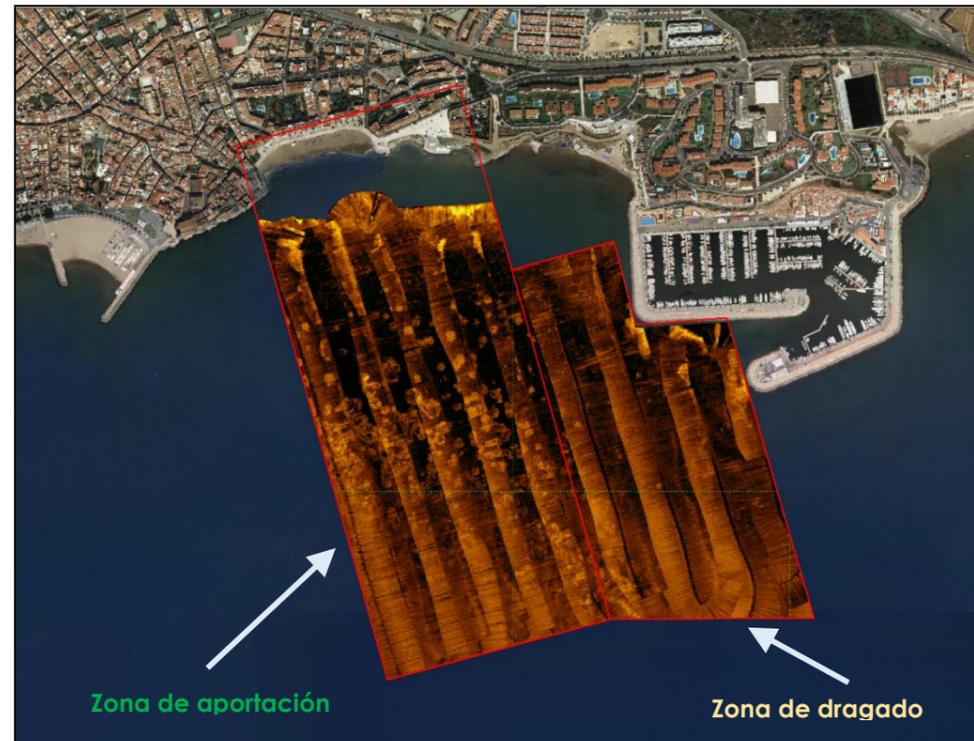


Figura 34.- Arriba: Mosaico con cobertura total a partir de los datos obtenidos con el sónar de barrido lateral en la zona de estudio. Abajo: Interpretación geomorfológica. (Fuente: Tecnoambiente)

Seguidamente se presentan los resultados obtenidos para cada zona de estudio. A partir de los datos obtenidos con el sónar de barrido lateral, su procesado y posterior interpretación se ha identificado los siguientes tipos de fondo:

- Fondos de arenas finas.
- Fondos de pradera de *Cymodocea nodosa*.

Tanto en la zona de dragado como en la zona de aportación se han detectado los mismos y únicos tipos de fondo.

Tabla 13.- Superficie de las dos tipologías de fondo encontradas en la zona estudio. (Fuente: Tecnoambiente)

Tipo de fondo	Área total (Ha)
Arenas finas	44.28
Praderas de <i>Cymodocea nodosa</i>	13

### 3.4.2.2.1 Zona de extracción

La zona de extracción o dragado comprende un área de 225.000 m<sup>2</sup>. En esta área predomina el fondo de arenas finas/muy finas, aunque también encontramos diferentes manchas de *Cymodocea nodosa* bastante dispersas. En esta zona la *Cymodocea nodosa* se dispone de manera centrada en la zona central. Las manchas de la pradera tienen un perímetro que oscilan entre 330 m la mayor hasta 20 m la más pequeña. Se caracterizan por presentar morfologías notablemente circulares (ver Figura 35.- ).



Figura 35.- Interpretación geomorfológica de la zona de dragado a partir de los datos de sónar de barrido lateral. (Fuente: Tecnoambiente)

**Tipos de fondo y ejemplos con imágenes de sónar:**

Arenas finas: este tipo de fondo se identifica por una baja intensidad de la señal acústica y por un grado de reflectividad notablemente homogéneo (en el caso de no presentar estructuras sedimentarias relacionadas con las corrientes como pueden ser los "ripples"), que dan lugar a un nivel acústico continuo a nivel superficial y a una imagen del mosaico bastante homogénea. En concreto este tipo de fondo se caracteriza por dar una señal acústica muy homogénea y de intensidad baja. En la zona objeto de investigación, esta tipología de fondo ocupa una superficie de 210320 m<sup>2</sup> y se encuentra distribuida en toda la zona de estudio siendo el tipo de fondo más extenso de todos.

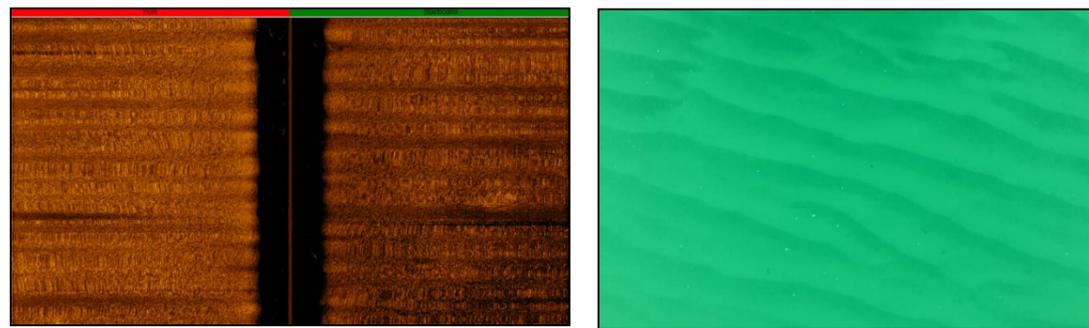


Figura 36.- Sonografía obtenida de arenas finas y fotografía del mismo tipo de fondo. (Fuente: Tecnoambiente)

Praderas de *Cymodocea nodosa*: este tipo de fondo se caracteriza por tener una alta intensidad de la señal acústica.

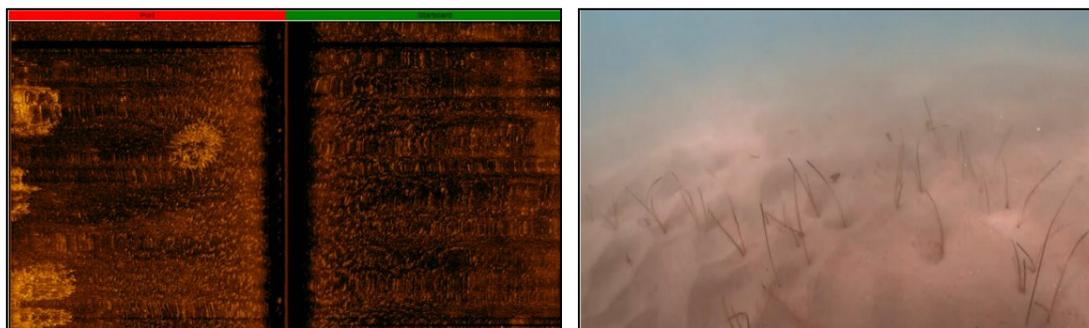


Figura 37.- Sonografía de arenas finas con praderas dispersas de *Cymodocea nodosa* y fotografía del mismo tipo de fondo. (Fuente: Tecnoambiente)

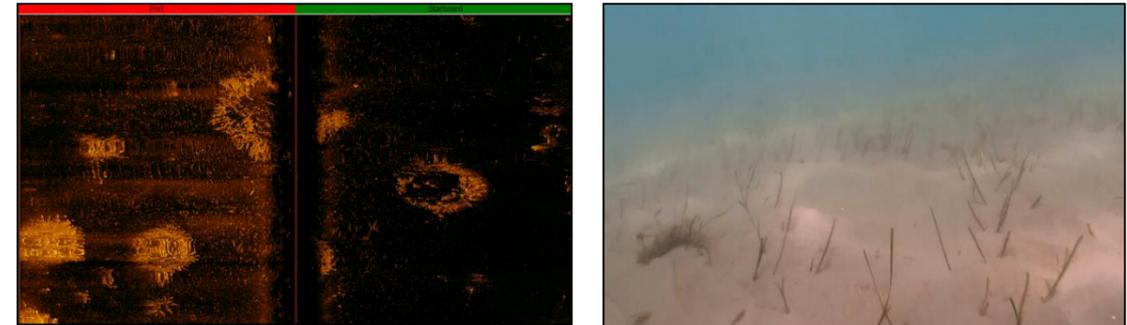


Figura 38.- Sonografía obtenida de arenas finas con praderas dispersas de *Cymodocea nodosa* y fotografía del mismo tipo de fondo. (Fuente: Tecnoambiente)

**3.4.2.2.2 Zona de aportación**

Como en la zona de extracción, en la zona de aportación predomina el fondo de arenas finas/muy finas, si bien existe una pradera de *Cymodocea nodosa* de mayor extensión, y algo más densas que en la zona de extracción, como se muestra en la Figura 39.- a Figura 43.- .



Figura 39.- Interpretación geomorfológica de la zona de aporte a partir de los datos de sónar de barrido lateral. (Fuente: Tecnoambiente)

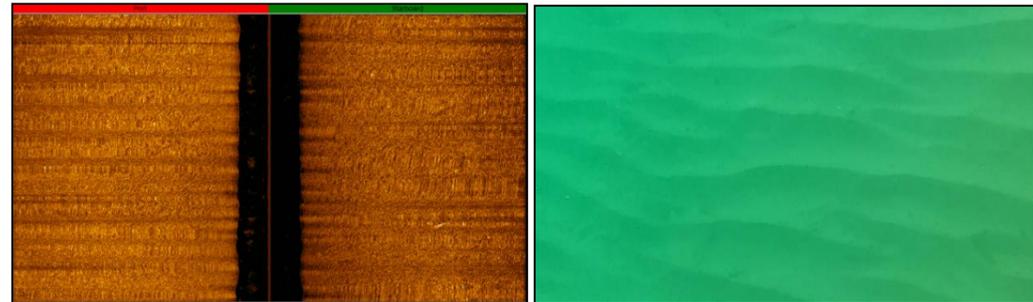


Figura 40.- Sonografía obtenida con sónar de barrido lateral de arenas finas y fotografía del mismo tipo de fondo en el mismo punto. (Fuente: Tecnoambiente)

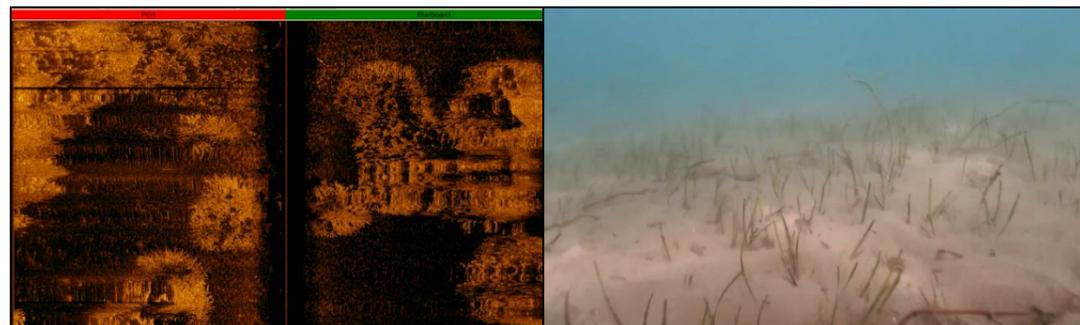


Figura 41.- Sonografía obtenida de arenas finas con praderas dispersas de *Cymodocea nodosa* y fotografía del mismo tipo de fondo. (Fuente: Tecnoambiente)



Figura 42.- Sonografía obtenida de arenas finas con praderas dispersas de *Cymodocea nodosa* y fotografía del mismo tipo de fondo. (Fuente: Tecnoambiente)

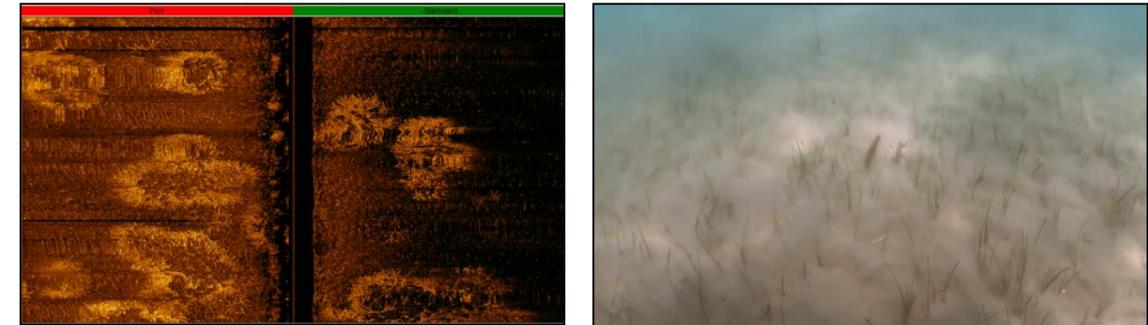


Figura 43.- Sonografía obtenida de arenas finas con praderas dispersas de *Cymodocea nodosa* y fotografía del mismo tipo de fondo. (Fuente: Tecnoambiente)

### 3.4.2.3 Descripción de los tipos de fondos identificados

A continuación se describen cada una de las tipologías de fondo detectadas con mayor detalle a partir de las sonografías, complementada la información con las imágenes obtenidas en diferentes puntos de inmersión propuestos a partir de la primera identificación de los diferentes tipos de fondo con sónar de barrido lateral.

La campaña de inspección visual para complementar la información obtenida con sónar de barrido lateral ha sido la siguiente:

- Se han realizado un total de 4 transectos de vídeo para caracterizar la zona más somera donde no puede llegar la barca con el sónar de barrido lateral, hasta las zonas donde se han encontrado las primeras manchas de *Cymodocea nodosa* para hacer una caracterización de este fondo más exhaustivo.
- Además de los transectos, se definieron 10 puntos de inmersión en total (5 puntos de inmersión para cada zona: dragado y aportación) para caracterizar la pradera, identificar su estado y tomar imágenes.

A partir de las imágenes obtenidas sobre los diferentes puntos de estudio (principalmente pradera) se ha determinado que no existe ningún factor determinante que defina la densidad de haces de la pradera, alternando diferentes densidades de forma aleatoria. No es representativa ni la ubicación, ni la profundidad por ejemplo. La Figura 44.- muestra el mapa con los puntos definidos para las fotografías así como los transectos.



Figura 44.- Transectos (líneas en verde con orientación tierra-mar) y puntos de inmersión en las dos zonas de estudio sobre el mosaico obtenido con sónar de barrido lateral. (Fuente: Tecnoambiente)

Las coordenadas de los transectos (Datum ETRS89) se muestran en la Tabla 14.- .

Tabla 14.- Coordenadas de los transectos. (Fuente: Tecnoambiente)

Coordenadas de los transectos de INICIO	Coordenadas de los transectos del FINAL
T1 ini: 400609E//4565553N	T1 fin: 400684E//4565297N
T2 ini: 400703E//4565582N	T2 fin: 400782E//4565343N
T3 ini: 400820E//4565615N	T3 fin: 400855E//4565468N
T4 ini: 400911E//4565599N	T4 fin: 400944E//4565473N

Las coordenadas de los puntos de inmersión (Datum ETRS89) se muestran en la Tabla 15.- .

Tabla 15.- Coordenadas de los puntos de inmersión. (Fuente: Tecnoambiente)

PUNTO	X	Y
P1	400.748 E	4.565.208 N
P2	400.819 E	4.565.043 N
P3	401.054 E	4.564.878 N
P4	400.910 E	4.565.247 N
P5	400.866 E	4.564.857 N
P6	401.378 E	4.565.025 N
P7	401.359 E	4.564.976 N
P8	401.120 E	4.565.122 N
P9	401.182 E	4.564.848 N
P10	401.240 E	4.565.014 N

#### 3.4.2.3.1 Zona de aportación

Los 4 transectos de vídeo corresponden a esta zona. En la zona donde no ha llegado el sónar de barrido lateral como se ve en la imagen, se ha detectado solamente tipo de fondo Arenas finas. No se ha detectado ninguna pradera de *Cymodocea nodosa*, fondo rocoso ni elementos antrópicos.

Al final de cada transecto y coincidiendo con los datos obtenidos previamente con el sónar de barrido lateral se ha confirmado la presencia de praderas de diferentes densidad de *Cymodocea nodosa*.

En esta zona de aporte, las praderas se han identificado mucho más abundantes y más frondosas que en la zona de extracción.

La Figura 45.- muestra unos ejemplos de imágenes obtenidas con el vídeo de los dos diferentes tipos de fondo que conforman el área de estudio.

La Figura 46.- a Figura 48.- muestran imágenes de los 5 puntos de inspección (P1 a P5). En todos ellos que se han detectado varias manchas de *Cymodocea nodosa*.



Figura 45.- Capturas de imagen de los vídeos obtenidos de los diferentes tipos de fondo de los 4 transectos en la zona de aporte. (Fuente: Tecnoambiente)



Figura 46.- Izquierda: Punto 1: pradera de densidad media; derecha: Punto 2: pradera muy poco densa. (Fuente: Tecnoambiente)



Figura 47.- Izquierda: Punto 3: pradera de densidad media-alta; derecha: Punto 4: pradera densa (Fuente: Tecnoambiente)



Figura 48.- Punto 5: pradera de densidad media. (Fuente: Tecnoambiente)

#### 3.4.2.3.2 Zona de extracción

En esta zona se han detectado varias manchas de *Cymodocea nodosa*. La Figura 49.- a Figura 51.- muestran imágenes de los 5 puntos de inspección (P6 a P10). Solamente en 3 de ellos se han detectado varias manchas de *Cymodocea nodosa*.



Figura 49.- Izquierda: Punto 6: pradera de densidad media; derecha: Punto 7: arenas no vegetadas (Fuente: Tecnoambiente)



Figura 50.- Izquierda: Punto 8: arenas no vegetadas; derecha: Punto 9: pradera de densidad media (Fuente: Tecnoambiente)



Figura 51.- Punto 10: pradera densa. (Fuente: Tecnoambiente)

#### 3.4.2.4 Identificación de elementos mediante el sónar de barrido lateral (SBL)

A partir de la interpretación de los datos del sónar de barrido lateral se ha llevado a cabo la identificación de posibles elementos antrópicos que se han observado en la superficie del fondo marino a lo largo de toda la zona prospectada. No se han detectado elementos antrópicos ni cualquier otro tipo de elemento dentro de la zona de estudio.

El plano A1.2 del apéndice de Planos de este documento detalla el resultado final del levantamiento con SBL y prospecciones submarinas (plano interpretativo y plano con transectos e inmersiones).

#### 3.4.2.5 Prospección con perfilador de fondo

A partir del procesado de los datos adquiridos en campo se ha determinado la potencia del sedimento en aquellas áreas sin cobertura rocosa y la presencia de material rocoso sub-superficial. En los planos del Anexo se presentan los resultados gráficos de la exploración con el perfilador de fondo, tanto de los registros de potencia como los registros sísmicos. En las siguientes figuras se adelanta un resumen gráfico de las prospecciones del perfilador.

La prospección con perfilador de fondo o SBP permite conocer la configuración sismo-estratigráfica de la zona de estudio y por lo tanto de los espesores de sedimento presentes en la misma. Con el procesado del perfilador de fondo se han obtenido los planos de isopacas o mismo espesor de sedimento.

Para la elaboración de los planos isopacas, ha sido necesario identificar y localizar la profundidad en la que se encuentra el basamento acústico. En este sentido se asume que corresponde al material más antiguo detectado, a partir del cual se produce un apantallamiento o atenuación gradual de la señal acústica que impide la penetración de la misma.

El material sedimentario no consolidado detectado queda limitado a muro por el reflector que se interpreta como basamento acústico y a techo por el reflector correspondiente al actual lecho marino.

La descripción de la zona de estudio prospectada en la playa de San Sebastián, la cual está formada por dos partes, área de dragado y área de aportación. Las dos zonas contiguas presentan las mismas características geofísicas.

En toda la zona prospectada no se observan ningún afloramiento rocoso, los espesores sedimentarios detectados son bastante homogéneos (entre 3 y 5 metros de manera general), a mayores profundidades mayores espesores, coincidiendo con una batimetría poco pronunciada y bastante tendida. Se aprecian hacia la zona más profunda espesores más importantes que llegan a los 6 metros. Hay que tener en cuenta que en esta zona profunda la señal acústica se atenúa antes de llegar al sustrato rocoso, por lo que no serían potencias de sedimento no consolidado total existente.

En el litoral o las zonas someras tanto en los alrededores del puerto como en el de la playa se observan espesores del orden de 2 m alcanzando los límites operativos de profundidad para los equipos utilizados.

En general el sedimento no consolidado detectado en los registros presenta características geofísicas de tipo arenoso (arenas fangosas hasta fangos arenosos). Esta posible interpretación viene dada por las características estratigráficas internas de los reflectores así como la ausencia de formas de fondo sobre el lecho marino. A continuación se muestra el plano de isopacas confeccionados a partir de la interpretación de los registros geofísicos obtenidos.

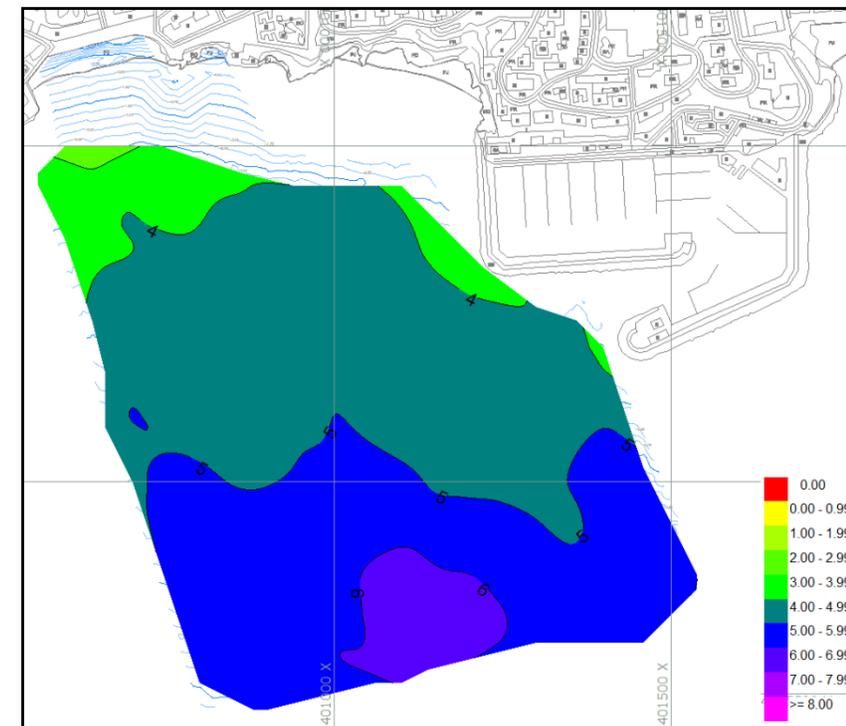


Figura 52.- Plano de isopacas de espesor de sedimento no consolidado sobre modelo 3D de la batimetría en la zona de estudio. (Fuente: Tecnoambiente)

### Descripción de los registros geofísicos

En el apartado anterior se ha descrito e interpretado el plano de isopacas. Este último es el resultado del procesado y la interpretación de la totalidad de los registros adquiridos durante la campaña geofísica en la zona de estudio.

A continuación se presentan dos perfiles, cada uno perteneciente a una de las dos áreas anteriormente mencionadas. Estos registros procesados son representativos de la zona, sobre los cuales se definen los distintos componentes de un registro, las características geofísicas generales presentes en la zona prospectada así como algunas interpretaciones.

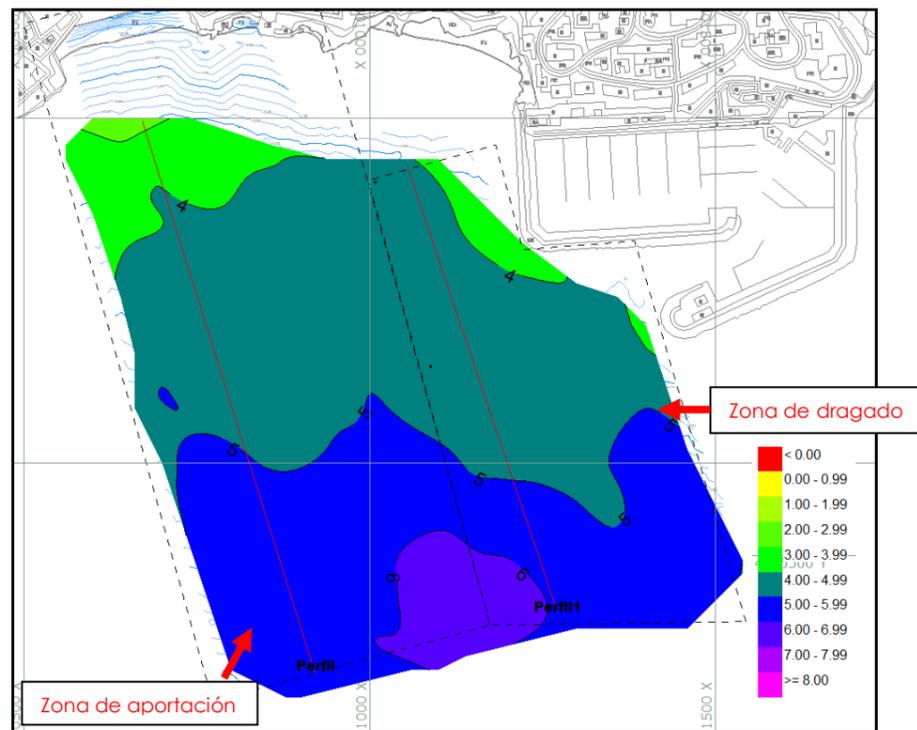


Figura 53.- Localización de los dos perfiles representativos de las zonas prospectadas. (Fuente: Tecnoambiente)

#### 3.4.2.5.1 Zona de extracción

En el registro realizado (Perfil sísmico 1, ver Figura 54.-) sobre la zona de dragado, se detectan hasta 6 metros de espesor a una profundidad de 8 metros. Se observa una configuración de los reflectores paralela o subparalela lo que indica una única unidad sedimentaria de poca energía hidrodinámica. Las selectividades recogidas pueden indicar que el sedimento es arenoso fangoso en los primeros metros con algunos cambios en la granulometría a unos 2 m, lo cual se ha marcado como reflector interno en color naranja.

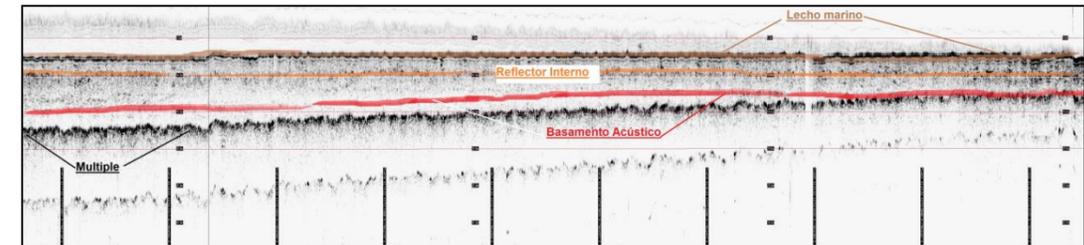


Figura 54.- Perfil sísmico 1, representativo de la zona de dragado. (Fuente: Tecnoambiente)

#### 3.4.2.5.2 Zona de aportación

En el registro realizado (Perfil sísmico 2, ver Figura 55.-) sobre la zona de aportación, se detectan, como en el perfil 1, espesores de 6 metros a la derecha del registro (zona de más profundidad), y de igual manera, se repiten las mismas característica y patrones geofísicos anteriormente descritos en el perfil 1. Todo ello confirma que prácticamente toda la zona de estudio prospectada, incluyendo la zona de dragado como de aportación, presenta el mismo perfil geofísico así como la características internas que lo componen (materiales y disposición interna)

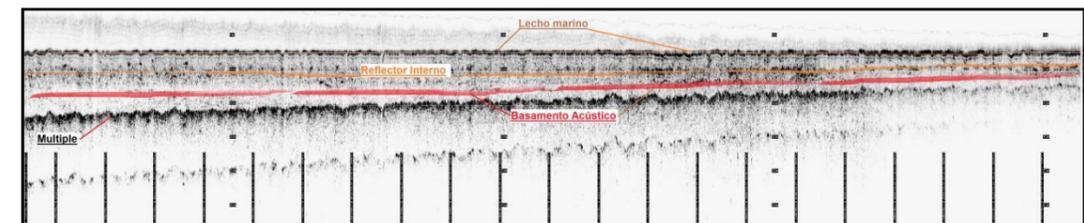


Figura 55.- Perfil sísmico 2, representativo de la zona más alejada del Puerto. (Fuente: Tecnoambiente)

El plano A1.4 del apéndice de Planos detalla las isopacas en toda la zona analizada.

### 3.4.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS MARINOS

La caracterización de los sedimentos se ha realizado según las indicaciones contenidas en la Guía Metodológica para la elaboración de estudios de impacto ambiental de las extracciones de arenas para la regeneración de playas (CEDEX, 2004), atendiendo a las Directrices para la gestión ambiental de las extracciones marinas para la obtención de arena (MAGRAMA, 2010).

#### 3.4.3.1 Caracterización granulométrica

A continuación se muestran las distribuciones granulométricas de cada zona y estación de sedimento.

##### 3.4.3.1.1 Zona de extracción (préstamo)

Según el artículo 12 de la IT 2010, el número de muestras N necesarias para caracterizar una zona de dragado es función de su superficie S (que en este caso se muestra en la Figura 56.-) y se obtiene mediante según la expresión:

$$N = S^{1/2}/100 \quad (S \text{ en m}^2)$$

Como en este caso se tiene que  $S = 222.440 \text{ m}^2$ , se deduce que  $N = 222.440^{1/2}/100 = 4,72 = 5$  muestras.

Por otro lado el volumen de sedimento a extraer ronda los  $24.000 \text{ m}^3$ , lo que significa que la potencia media del dragado será  $h = 24.000 \text{ m}^3 / 222.440 \text{ m}^2 = 0,11 \text{ m} \ll 1 \text{ m}$ , es decir, se trata de sedimento superficial por lo que no se requiere el análisis del sedimento en capas profundas<sup>1</sup>.

Por todo se han recogido 5 muestras para caracterizar la zona de dragado (BS1 a BS5). Éstas se han distribuido por todo el polígono de dragado. En la imagen siguiente y en el plano A1.3 del apéndice de este documento se muestra la distribución de las estaciones de sedimento.

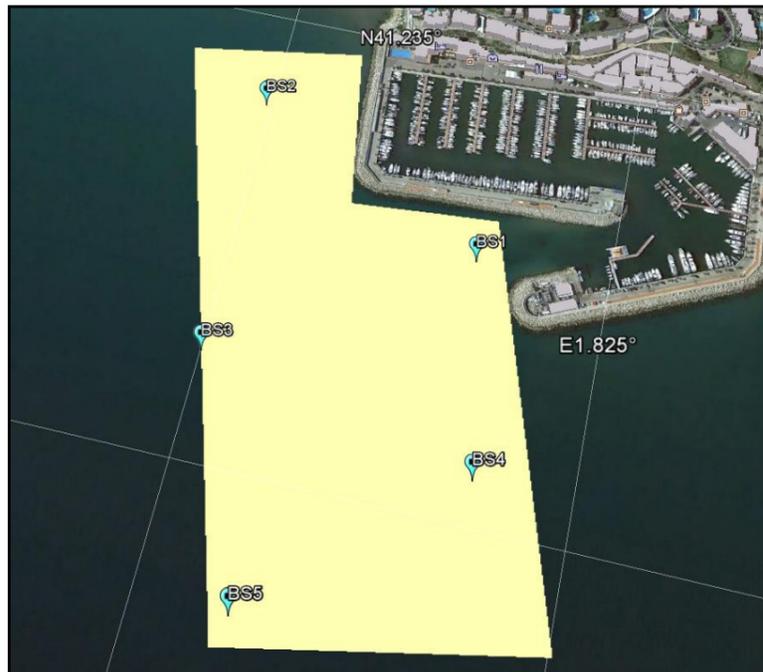


Figura 56.- Estaciones de muestreo de la zona de dragado. (Fuente: Tecnoambiente)

Los resultados granulométricos obtenidos se presentan en la Tabla 16.-. La Figura 57.- y Figura 58.- muestran las distribuciones y representaciones granulométricas de cada estación de sedimento.

Tabla 16.- Resultados granulométricos de la zona de extracción. (Fuente: Tecnoambiente)

Fración	BS1	BS2	BS3	BS4	BS5
> 2,00mm	2,5	<0,5	0,6	4,8	6,4
1,4-2,0 mm	0,9	<0,5	<0,5	0,6	1,0
1,0-1,4 mm	<0,5	0,6	<0,5	<0,5	<0,5
0,71-1,0 mm	<0,5	0,8	<0,5	<0,5	<0,5
0,60-0,71 mm	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
0,50-0,60 mm	<0,5	0,8	<0,5	<0,5	<0,5
0,35-0,50 mm	0,6	2,4	0,7	<0,5	1,0
0,25-0,35 mm	1,5	7,4	2,0	1,6	4,5
0,18-0,25 mm	70,8	38,6	11,8	73,7	74,8
0,12-0,18 mm	7,9	34,5	36,6	5,8	4,9
0,063-0,12 mm	10,5	12,4	46,2	16,6	11,4
< 0,063 mm	3,9	1,0	1,2	<0,5	<0,5
MODA	AF	AF	AF	AF	AF
D50	0,21	0,18	0,13	0,21	0,22

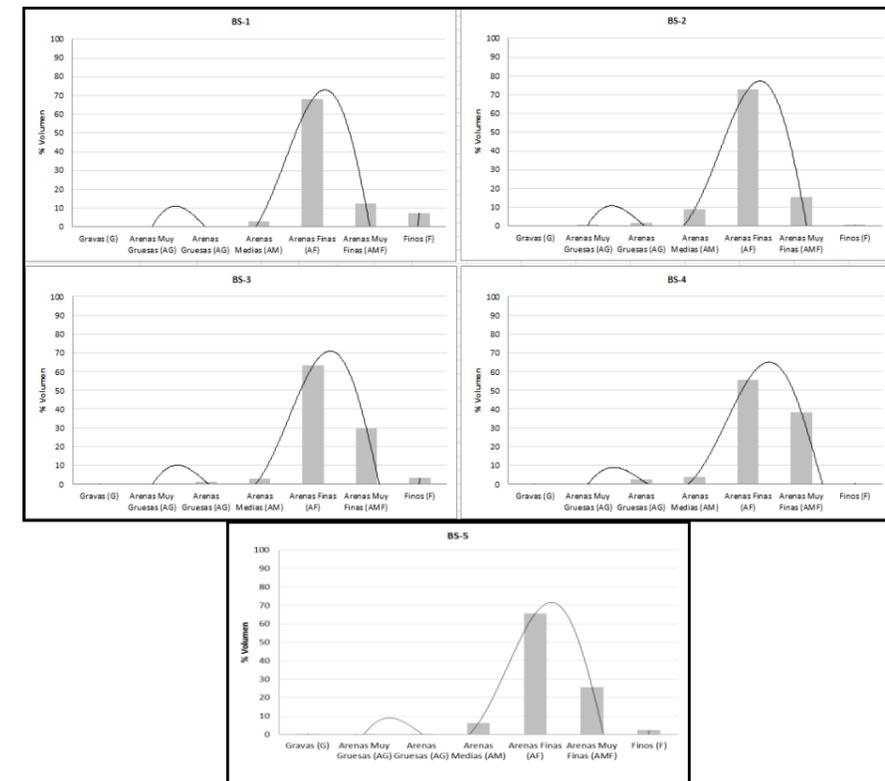


Figura 57.- Distribuciones granulométricas de las estaciones BS1 a BS5. (Fuente: Tecnoambiente)

<sup>1</sup> Así el artículo 9 de las Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre establece que: "Para dragados o zonas concretas dentro de cada actuación que supongan un espesor medio de dragado inferior a 1 metro, será suficiente la adquisición de muestras de la superficie del fondo. Cuando el espesor de dragado sea superior, resultará preceptiva la adquisición de muestras profundas hasta alcanzar, como mínimo, el espesor de sedimento que se proyecte extraer".

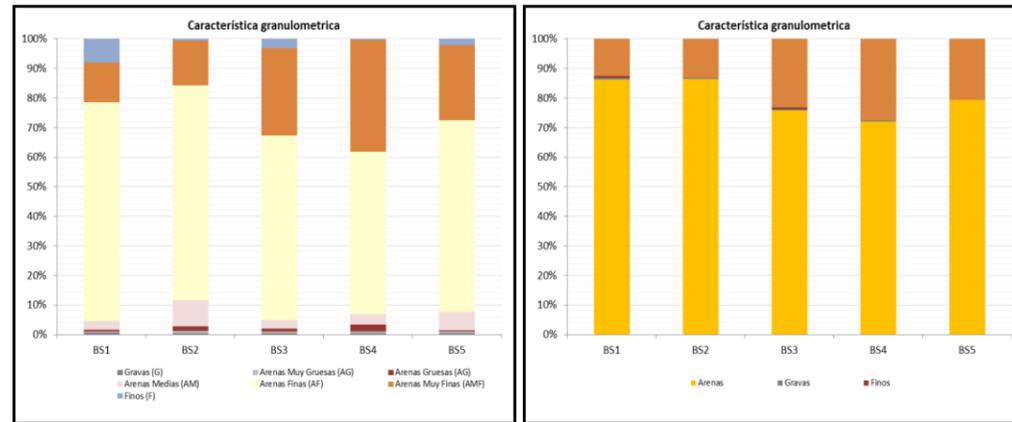


Figura 58.- Características granulométricas de las muestras de la zona de dragado. (Fuente: Tecnoambiente)

Como se aprecia en los resultados y gráficas, el tipo de arenas que aparecen de forma mayoritaria, son el de arenas finas (AF), con proporciones alrededor del 65-70%, seguido de arenas muy finas (AMF), con proporciones alrededor del 25%. Aparece una gradación en la presencia de arenas más finas según aumenta la profundidad.

El tamaño medio de partícula ( $D_{50}$ ) en el conjunto de sedimentos del yacimiento se sitúa en torno a 0,19 mm, en el rango de arenas finas. En la Figura 59.- se muestran los resultados granulométricos de esas muestras,

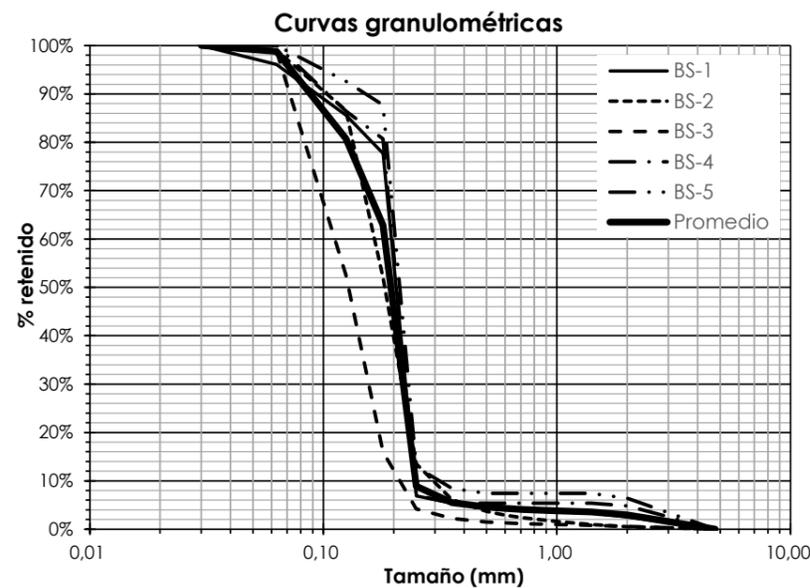


Figura 59.- Análisis granulométricos de las 10 muestras distribuidas en las 2 alineaciones (Fuente: elaboración propia)

Las características de la muestra mezcla representativa de la arena marina de aportación o préstamo serían, por tanto:

$$D_{16} = 0,241 \text{ mm}$$

$$D_{50} = 0,197 \text{ mm}$$

$$D_{84} = 0,114 \text{ mm}$$

### 3.4.3.1.2 Zona de aportación

Se han recogido 12 muestras para caracterizar la zona de dragado (AS1 a AS12). En la Figura 60.- y en el plano A1.3 del apéndice de este documento se muestra la distribución de las estaciones de sedimento de la zona de aportación. Se han distribuido de la siguiente manera:



Figura 60.- Estaciones de muestreo (AS1 a AS12) de la zona de aportación. (Fuente: Tecnoambiente)

- 6 muestras en playa seca: 3 en cota +0 y 3 en cota +1 metro.
- 3 muestras en cota -2 metros
- 3 muestras en cota -5 metros

En la Tabla 17.- se incluyen las posiciones de las estaciones de muestreo.

Tabla 17.- Posición de las estaciones de muestreo en la zona de aportación. (Fuente: Tecnoambiente)

Zona de aportación	ETRS89 Huso 31 N		Observaciones
	UTM X	UTM Y	
AS1	400.747,61	4.565.116,08	-
AS2	400.643,24	4.565.458,48	-
AS3	400.594,74	4.565.622,89	Playa emergida
AS4	400.588,89	4.565.635,32	
AS5	400.807,43	4.565.121,17	-
AS6	400.699,24	4.565.471,21	-
AS7	400.649,44	4.565.636,03	Playa emergida
AS8	400.645,53	4.565.647,28	
AS9	400.867,26	4.565.127,54	-
AS10	400.756,52	4.565.492,85	-
AS11	400.719,76	4.565.633,24	Playa emergida
AS12	400.712,90	4.565.656,49	

A continuación se muestran los resultados granulométricos obtenidos en la zona de aportación.

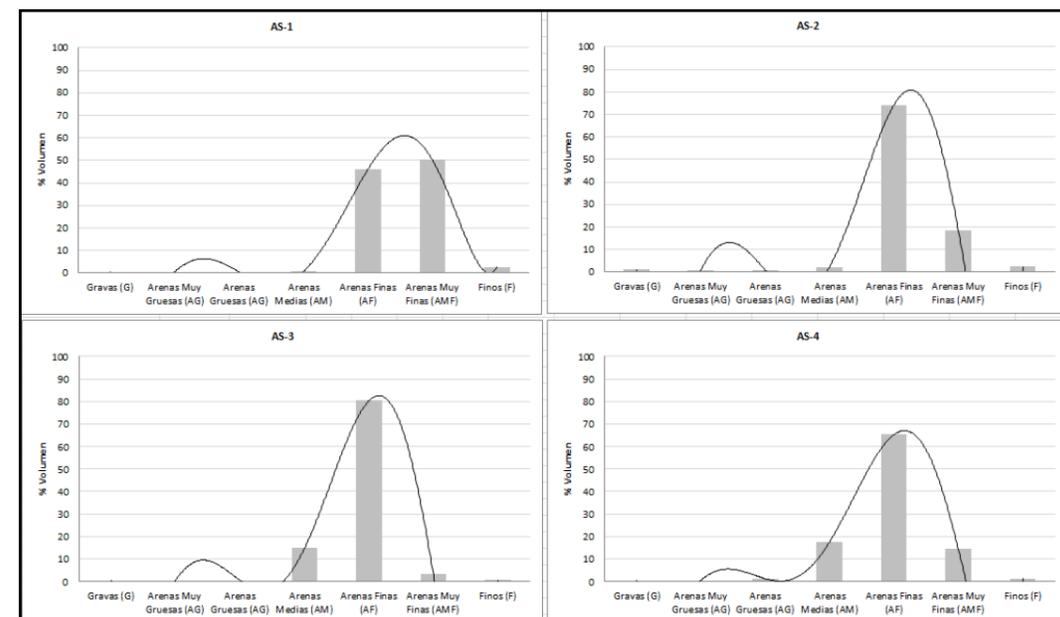
Tabla 18.- Resultados granulométricos de la zona de aportación. (Fuente: Tecnoambiente)

Fracción	Un.	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5	AS6
> 2,00mm	%	1,3	2,2	1,5	<0,5	0,6	1,3
1,4-2,0 mm	%	<0,5	0,7	<0,5	<0,5	<0,5	1,0
1,0-1,4 mm	%	<0,5	<0,5	0,6	<0,5	<0,5	1,0
0,71-1,0 mm	%	<0,5	<0,5	0,6	<0,5	<0,5	0,9
0,60-0,71 mm	%	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
0,50-0,60 mm	%	<0,5	<0,5	0,6	<0,5	<0,5	0,7
0,35-0,50 mm	%	<0,5	0,8	1,5	2,2	<0,5	1,6
0,25-0,35 mm	%	0,7	2,1	5,2	15,6	0,8	4,3
0,18-0,25 mm	%	3,6	28,5	46,1	58,8	3,8	52,4
0,12-0,18 mm	%	26,7	37,4	30,2	15,7	27	23,3
0,063-0,12 mm	%	61,0	24,0	11,5	5,3	64	11,1
< 0,063 mm	%	5,7	2,8	1,2	0,7	2,6	2,0
MODA	-	AMF	AF	AF	AF	AMF	AF
D50	mm	0,11	0,16	0,19	0,21	0,11	0,20

Tabla 19.- Resultados granulométricos de la zona de aportación. (Fuente: Tecnoambiente)

Fracción	Un.	AS7	AS8	AS9	AS10	AS11	AS12
> 2,00mm	%	1	0,6	1,3	1,4	1,6	<0,5
1,4-2,0 mm	%	0,6	<0,5	0,6	0,7	<0,5	<0,5
1,0-1,4 mm	%	<0,5	0,6	<0,5	0,7	<0,5	<0,5
0,71-1,0 mm	%	<0,5	1,1	<0,5	0,8	<0,5	<0,5
0,60-0,71 mm	%	<0,5	0,7	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
0,50-0,60 mm	%	<0,5	0,9	<0,5	0,8	<0,5	<0,5
0,35-0,50 mm	%	1	3,2	<0,5	2	1,5	1,8
0,25-0,35 mm	%	10,2	10,7	1,2	5,8	14,6	9,8
0,18-0,25 mm	%	74,3	62,3	24,4	68	73,4	74,2
0,12-0,18 mm	%	8,9	12,8	41,2	11,7	5,8	8,2
0,063-0,12 mm	%	2,4	5,3	26	5,9	1,4	3,6
< 0,063 mm	%	<0,5	1,4	3,7	1,7	<0,5	1,1
MODA	-	AF	AF	AF	AF	AF	AF
D50	mm	0,22	0,21	0,15	0,21	0,22	0,21

La Figura 61.- y Figura 62.- muestran las distribuciones granulométricas de cada estación de sedimento (AS-1 a AS-12).



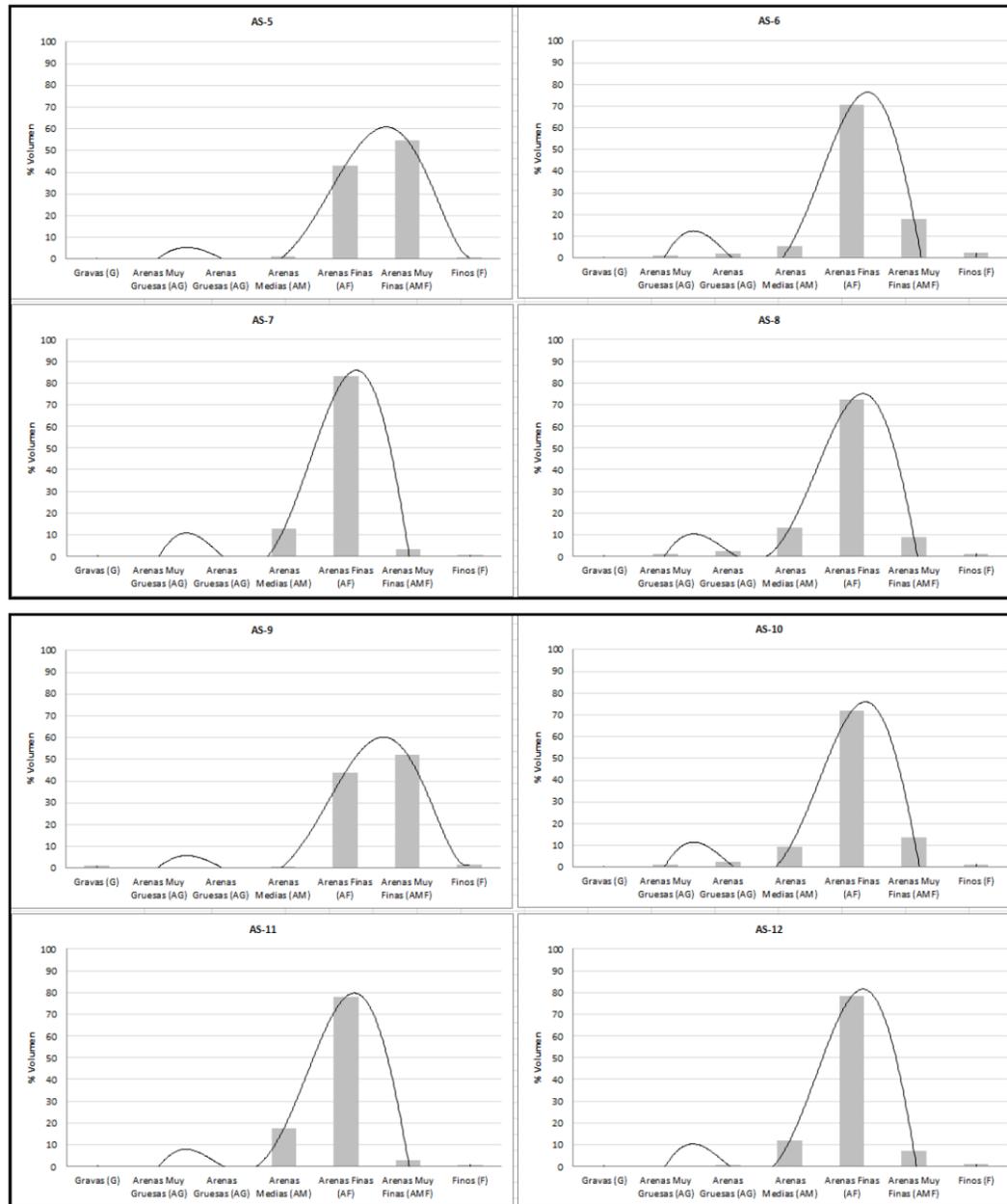


Figura 61.- Gráficas de distribución granulométrica de las muestras. (Fuente: Tecnoambiente)

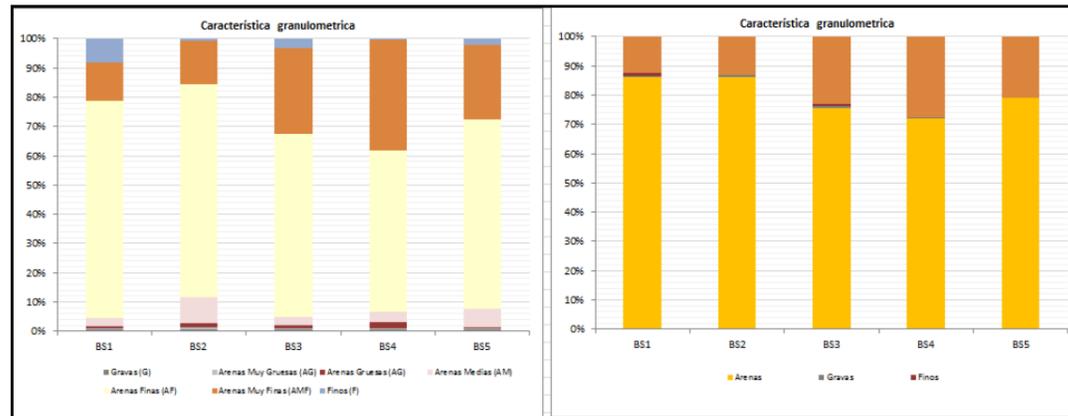


Figura 62.- Características granulométricas de las muestras de la zona de dragado. (Fuente: Tecnoambiente)

A partir de los resultados obtenidos, se puede confirmar que los sedimentos que conforman los fondos marinos de la zona de aportación, al igual que la zona de dragado, responden principalmente a 2 tipos de granulometrías: arenas finas y arenas muy finas.

La proporción de arenas finas en la zona más somera, sobre todo en playa seca, es mucho más abundante con proporciones del 70-80%, con una presencia de arenas muy finas alrededor de un 15%. Mientras que según aumenta la profundidad, la proporción de arenas muy finas iguala y supera la proporción de arenas finas, llegando al 55%, frente a un 45% de arenas finas.

En la Figura 63.- y la Figura 64.- se presenta un resumen de las características de cada una de las muestras. En el primer caso se presentan agrupadas las muestras en cada uno de los tres perfiles (así como sus promedios) y en el segundo caso las muestras agrupadas según profundidades (así como sus promedios).

Puede apreciarse que en los tres perfiles (Figura 63.-) los resultados son bastante similares: las muestras tomadas en profundidades de +1, +0 y -2 son arenas finas (AF) con  $0,125 \text{ mm} < D_{50} < 0,25 \text{ mm}$  y las muestras tomadas en profundidades de -5 m son arenas muy finas (AMF) con  $0,063 \text{ mm} < D_{50} < 0,125 \text{ mm}$ . Asimismo los resultados por profundidades (Figura 64.-) también son bastante homogéneos y en todos los perfiles las curvas granulométricas están muy próximas a la del promedio de todos los perfiles, produciéndose una mayor dispersión en las muestras tomadas a -2 m de profundidad.

Finalmente en la Figura 65.-, se presentan los promedios de los resultados granulométricos por perfiles (izquierda) y por profundidades (derecha), así como el promedio de todas las muestras (en línea más gruesa), donde puede comprobarse la gran semejanza de resultados en los tres perfiles.

La Tabla 20.- presenta el resumen de resultados de dichos análisis, que incluye el diámetro medio o  $D_{50}$  (el tamaño que es superado por un 50% de la muestra) y los diámetros  $D_{84}$  y  $D_{16}$  (los tamaños que son superados respectivamente por un 84% y un 16% de la muestra), así como su caracterización (arena fina, media, gruesa, grava, etc.).

Tabla 20.- Resumen de los análisis granulométricos (Fuente: elaboración propia)

	Promedio del Perfil P1	Promedio del Perfil P2	Promedio del Perfil P3	Promedio profundid. +1	Promedio profundid. +0	Promedio profundid. -1	Promedio profundid. -5	Promedio todas las muestras
$D_{16}$	0,238 mm	0,243 mm	0,246 mm	0,258 mm	0,249 mm	0,242 mm	0,175 mm	<b>0,243 mm</b>
$D_{50}$	0,169 mm	0,194 mm	0,206 mm	0,214 mm	0,212 mm	0,194 mm	0,110 mm	<b>0,193 mm</b>
$D_{84}$	0,096 mm	0,106 mm	0,116 mm	0,171 mm	0,163 mm	0,125 mm	0,075 mm	<b>0,104 mm</b>

Se concluye por tanto la uniformidad de las muestras tomadas longitudinal y transversalmente, que da lugar a un tamaño medio  $D_{50} = 0,193 \text{ mm}$ , correspondiente a una arena fina (AF). En cuanto al contenido de finos (diámetro de las partículas inferior a  $0,063 \text{ mm}$ ), los resultados obtenidos indican que el lecho marino de la zona de estudio está compuesto por un porcentaje muy bajo de partículas finas (mayoritariamente en promedio inferior al 2%).

Las fuentes de aporte de materia orgánica al sistema marino son fundamentalmente dos:

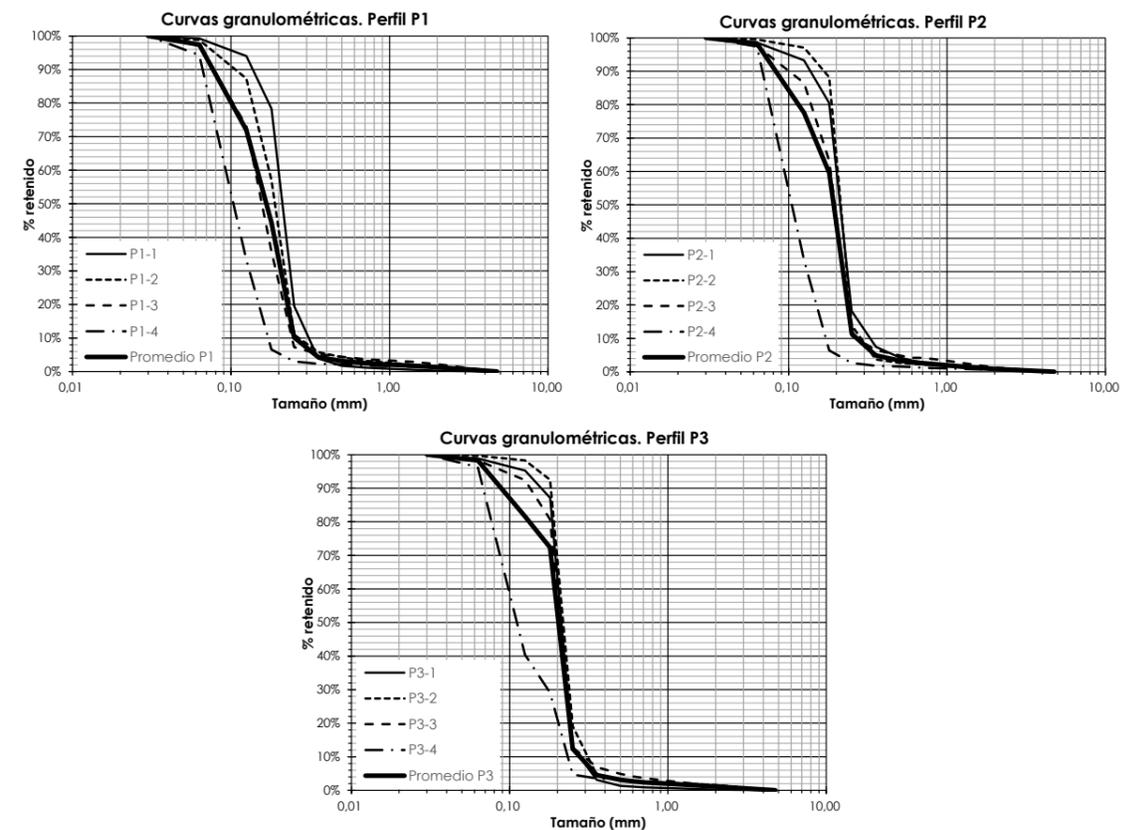


Figura 63.- Resultados granulométricos por perfiles (Fuente: elaboración propia)

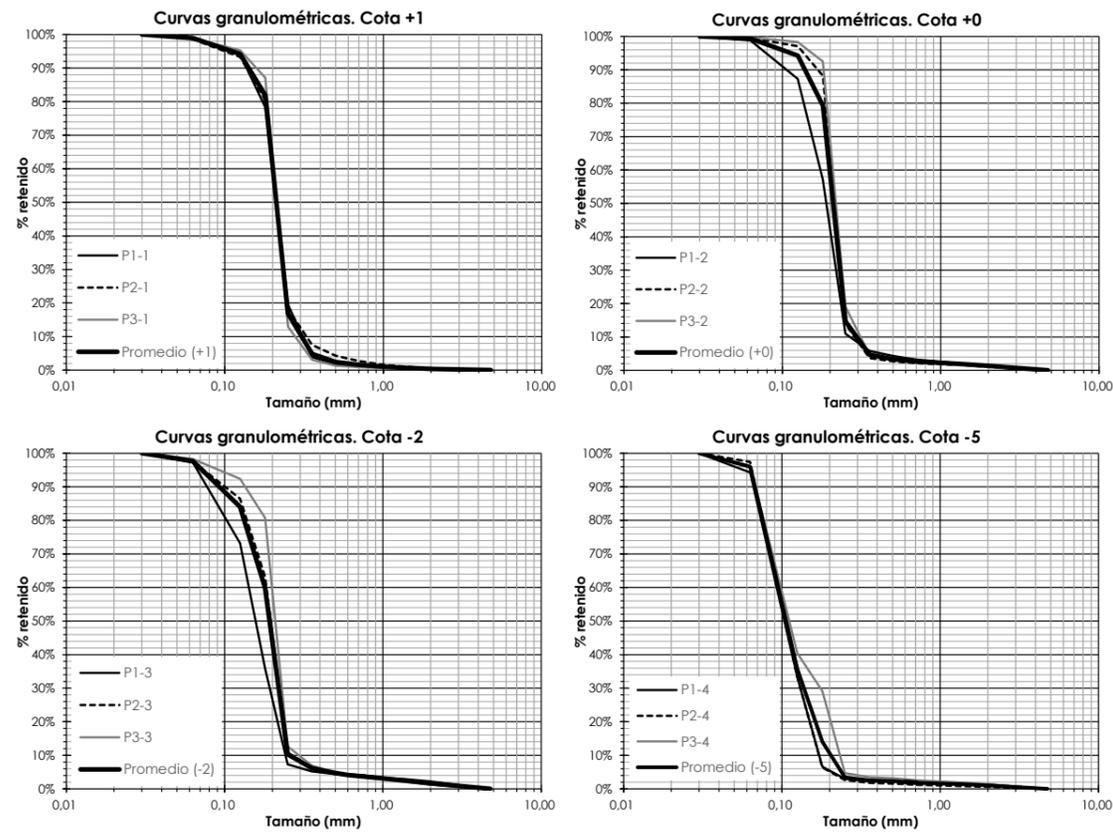


Figura 64.- Resultados granulométricos por profundidades (Fuente: elaboración propia)

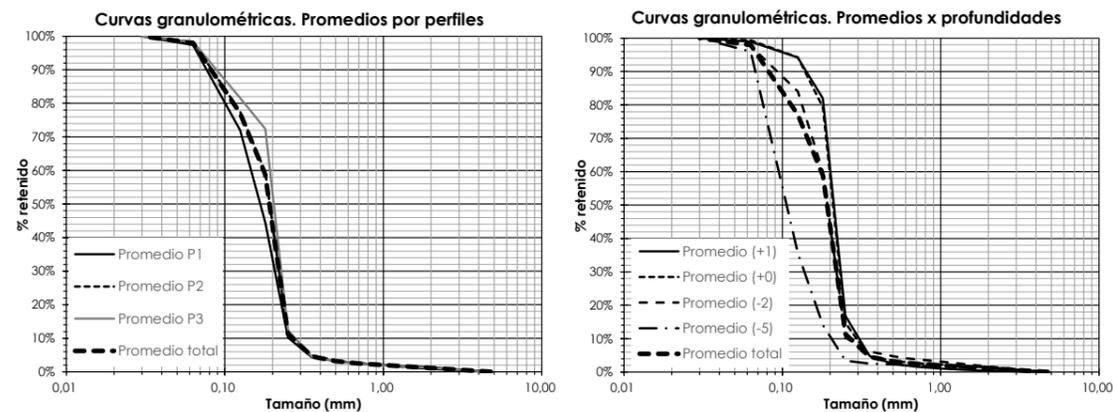


Figura 65.- Resumen de los resultados granulométricos por perfiles y profundidades (Fuente: elaboración propia)

- Aportes externos de origen continental (descarga de ríos, emisarios submarinos, aguas residuales, etc.)
- La generada por el propio sistema (exceso de producción fitoplanctónica o de comunidades vegetales bentónicas, excreciones animales y vegetales, descomposición de organismos, etc.).

Este tipo de material acaba sedimentando sobre el fondo y es adsorbido sobre las partículas del sedimento, especialmente las más finas. Normalmente, la moda con un porcentaje mayor en finos es la que presenta mayor contenido en materia orgánica, debido a que la materia orgánica se fija al sedimento por procesos de adsorción dada la disposición de las cargas y morfología de las moléculas entre otras. En el caso de este estudio, esta proporción de finos es despreciable por lo que la presencia de materia orgánica será muy baja.

### 3.4.3.2 Caracterización físico-química de la zona de dragado

Tal y como se indica en las Directrices de la DG de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, los materiales a extraer no deberán estar afectados por ningún tipo de contaminación de origen antrópico. Para ello, se ha llevado a cabo la caracterización química de los sedimentos, y se ha analizado la concentración de los metales pesados de la materia orgánica presente en las muestras de sedimento procedentes de la zona de dragado.

Se ha realizado un análisis de cinco estaciones de la zona de dragado para control y caracterización de los sedimentos presentes.

En la Tabla 21.- se muestran los resultados obtenidos de los análisis para detección de contaminación por metales y biológica.

Tabla 21.- Resultados para las 5 estaciones de sedimento de la zona de dragado. (Fuente: Tecnoambiente)

PARAMETRO	BS1	BS2	BS3	BS4	BS5	UNIDAD
Arsénico	7.9	8.4	8.4	7.7	6.7	mg/Kg
Cadmio	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25	mg/Kg
Cobre	5.4	4.3	5.1	5.2	4.4	mg/Kg
Cromo	9.3	7.0	9.0	8.8	8.1	mg/Kg
Mercurio	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25	mg/Kg
Níquel	6.6	5.8	6.8	6.6	6.1	mg/Kg
Plomo	8.4	6.8	8.1	8.1	8.6	mg/Kg
Zinc	27	21	25	25	22	mg/Kg
Coliformes fecales	<2	<2	<2	<2	<2	UFC/ g
Estreptococos fecales	<2	<2	<2	<2	<2	UFC/ g

### 3.4.3.2.1 Metales pesados

Por lo que se refiere a los metales pesados, las principales vías de incorporación de los metales en los sedimentos son los mecanismos de adsorción (proceso que en general es más intenso en fondos ricos en materia orgánica y porcentajes de material fino) y precipitación (fundamentalmente en forma de hidróxido, óxido o carbonato). Previamente, la caracterización de los sedimentos de la zona de estudio

ha confirmado que la proporción existente de finos y de materia orgánica asociada en la zona es mínima, por lo que la incorporación de metales mediante esta vía es despreciable.

Normalmente, la concentración detectada en los sedimentos siempre es mayor que en el agua, debido a que éstos van fijando los metales pesados disueltos en el medio receptor acuoso. Aunque por otra parte, también existen diversos procesos que movilizan los metales del fondo haciendo que aumente su concentración en el agua, tal como la acidificación del medio, anoxia, etc.

Tal y como indica la DG de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, los materiales a dragar pueden incluir en su composición mineralógica de forma natural una cierta cantidad de elementos generalmente considerados como contaminantes, por ello y para valorar el grado de contaminación presente en los sedimentos, el Convenio OSPAR estableció las concentraciones de fondo<sup>2</sup> (BC) y las concentraciones de evaluación<sup>3</sup> (BAC) para determinados contaminantes.

Según las Directrices de la DG de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, no se consideran adecuados para su aporte a playas de baño aquellos materiales cuya concentración media supera para alguno de los parámetros en más de un 20% los límites de los BACs. Tales concentraciones límite se indican en la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 22.- Concentraciones límite en las arenas a aportar a playa y concentraciones medias registradas en las muestras de sedimento analizadas. (Fuente: Tecnoambiente)

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN LÍMITE	CONCENTRACIÓN MEDIA DE LAS MUESTRAS	UNIDAD
Arsénico (As)	30	7.82	mg/kg
Cadmio (Cd)	0,4	<0.25	mg/kg
Cobre (Cu)	100	4.88	mg/kg
Cromo (Cr)	35	8.44	mg/kg
Mercurio (Hg)	0.1	<0.25	mg/kg
Níquel (Ni)	45	6.38	mg/kg
Plomo (Pb)	45	8	mg/kg
Zinc (Zn)	150	24	mg/kg

Si se comparan las concentraciones medias de los metales pesados obtenidas en las muestras analizadas con los valores límites establecidos por la DG de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, se puede observar que en ningún caso los sedimentos que conforman el lecho marino de la zona de

dragado superan los límites de calidad propuestos. Por ello, se puede afirmar que los materiales analizados son aptos para su aportación a la playa de Sant Sebastià.

Todos ellos se encuentran por debajo de las concentraciones límite o niveles de acción establecidos por el CEDEX (Guía Metodológica para la elaboración de estudios de impacto ambiental de las extracciones de arenas para la regeneración de playas, 2004).

Para la mayor parte de los parámetros analizados, todas las muestras de sedimento presentan concentraciones muy por debajo de los límites establecidos por el CEDEX y la DG de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, como es el caso del arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, níquel y zinc.

A partir de estos resultados se puede afirmar que no existen indicios de contaminación por metales en los sedimentos analizados.

#### 3.4.3.2.2 Parámetros microbiológicos

Como indica la DG de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, existe un elevado grado de incertidumbre entre la relación "presencia de bacterias en arenas de playa – riesgo epidemiológico" y, solo la ausencia o escasa presencia de indicadores de contaminación fecal puede garantizar la ausencia de alteraciones de la calidad microbiológica de una zona tras el vertido de las arenas extraídas.

Es por ello que se ha llevado a cabo la determinación de la concentración de Coliformes fecales y Estreptococos fecales en las muestras de sedimento procedentes de la zona de dragado.

Como se puede observar en la tabla de resultados, no se ha detectado ningún rastro de contaminación fecal en las muestras analizadas, siendo todos los valores encontrados inferiores al límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (2 UFC/g).

Por lo tanto, se puede considerar que las muestras analizadas se encuentran exentas de contaminación fecal y que los materiales que conforman el lecho marino de la zona de estudio son aptos para la alimentación de la playa de Sant Sebastià.

#### 3.4.3.3 Zona de extracción finalmente seleccionada

En el análisis geomorfológico ha detectado la presencia de *Cymodocea Nodosa* en la zona propuesta inicialmente para la extracción de sedimento, tal como se aprecia en la Figura 66.- (manchas de color verde).

<sup>2</sup> Las concentraciones de fondo (BCs) representan las que pueden encontrarse de manera natural en caso de no existir desarrollo industrial alguno. Se trata de concentraciones en condiciones prístinas basadas en los datos históricos de que se dispone y en ausencia de mineralización significativa y/o influencias oceanográficas.

<sup>3</sup> Las concentraciones de evaluación (BACs) fueron calculadas mediante métodos estadísticos para definir cuando una concentración determinada puede considerarse que está próxima a la concentración de fondo.



Figura 66.- Geomorfología del fondo marino en la zona de extracción (Fuente: elaboración propia)

Por otro lado, con objeto de reducir el impacto sobre el Espacio Natural Protegido "Costes del Garraf", contiguo a la zona de estudio por su extremo sur, se ha decidido que la zona de dragado se limite al extremo septentrional del área analizada (que ha sido marcada mediante una línea discontinua de color rojo en la Figura 66.- ).

En dicha figura se ha superpuesto la ubicación de las cinco muestras, junto a los límites de la zona finamente propuesta para la extracción de arena. Puede apreciarse que en dicha zona solamente se encuentran las muestras BS-1 y BS-2, cuyo promedio da lugar a una arena ligeramente más gruesa ( $D_{50} = 0,199 \text{ mm}$ ), por lo que se van a mantener los valores anteriores como válidos.

### 3.5 OCEANOGRAFÍA: MAREA, OLAJE Y CORRIENTES

En los Anejos nº 2 y nº 3 se ha realizado un completo estudio de clima marítimo en el que se han analizado las condiciones de marea, oleaje y corrientes en la zona de estudio y cuyas principales conclusiones se recogen a continuación.

#### 3.5.1 MAREA

A partir de los registros del mareógrafo se ha obtenido la información sobre los niveles medios y extremos del mar, que están referidos al nivel REDMAR. El Cero de Alicante (CA) o Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA), según el Geoide de 2013, se sitúa 0,10 m por encima del cero REDMAR de acuerdo a la información suministrada por la APB. Por consiguiente los niveles de marea astronómica más representativos en la zona próxima a Barcelona son:

- Máxima Pleamar Astronómica :  $PMMA = +0,50 \text{ m (r/REDMAR)} = +0,40 \text{ m (r/NMMA)}$
- Nivel Medio del Mar :  $NMM = +0,29 \text{ m (r/REDMAR)} = +0,19 \text{ m (r/NMMA)}$
- Mínima Bajamar Astronómica :  $BMMI = +0,07 \text{ m (r/REDMAR)} = -0,03 \text{ m (r/NMMA)}$

Por su parte la Figura 67.- muestra las frecuencias relativas acumuladas de la marea total (nivel horario), es decir, marea astronómica + marea meteorológica, que permite determinar los niveles de mar asociados a unas determinadas probabilidades medias de no excedencia. Así, por ejemplo, el nivel del mar asociado a una probabilidad de no excedencia del 99,50 % (o lo que es lo mismo, asociado a una probabilidad de excedencia del 0,50 %) es +0,64 m (REDMAR) = +0,54 m (GEOIDE).

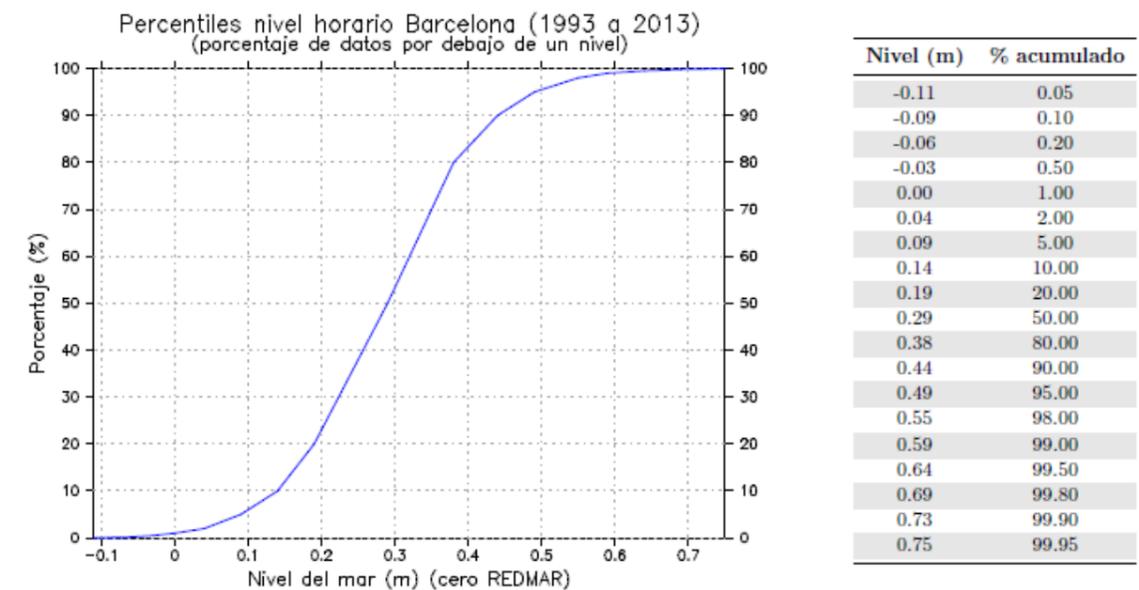


Figura 67.- Distribución de la frecuencia relativa acumulada del nivel del mar respecto al 0 REDMAR (Fuente: PPEE)

Finalmente la Figura 68.- muestra la función de distribución extremal del nivel del mar, respecto al cero REDMAR. Se presenta tanto la Estima Central (EC), es decir, el valor más probable asociado a un determinado período de retorno, como la Banda de Confianza del 90 % (BC90), es decir, el intervalo de valores dentro del cual estaría el valor asociado a un determinado período de retorno con una probabilidad del 90 %.

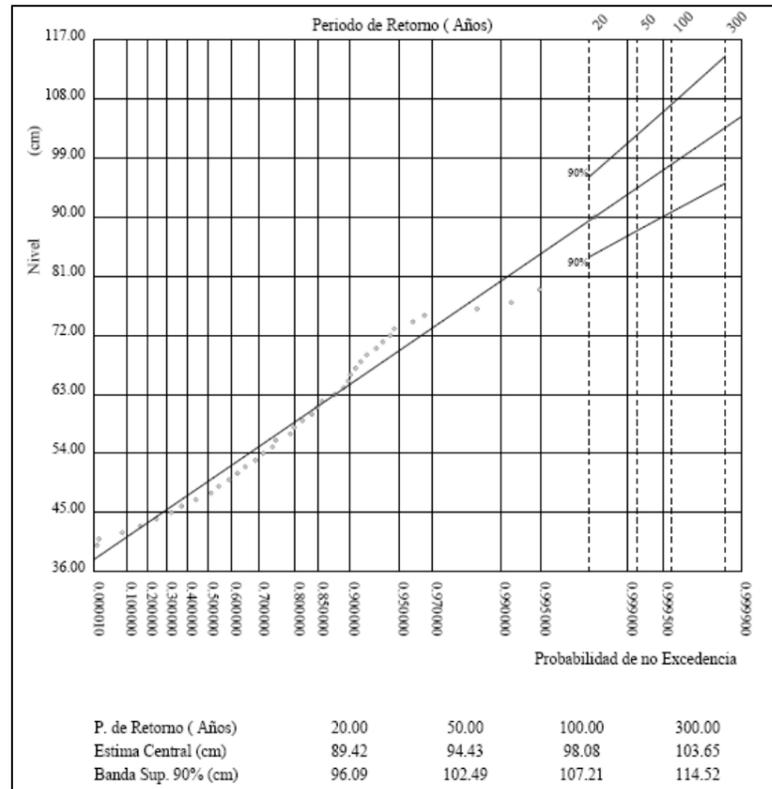


Figura 68.- Función de distribución extremal del nivel del mar -marea total- respecto el 0 REDMAR (Fuente: PPEE)

De este modo los niveles de mar asociados al período de retorno de diseño,  $T_r = 67,7$  años (ver Anejo nº 8) es

- NMAX (EC) = +0,95 m (r/REDMAR) = + 0,85 m (r/NMMA)
- NMAX (LSBC90%) = +1,04 m (r/REDMAR) = + 0,94 m (r/NMMA)

### 3.5.2 OLEAJE

#### 3.5.2.1 Fuentes de datos

En las proximidades de la zona del proyecto existen dos boyas registradoras de oleaje (ver Figura 69.- ).

- La **boya Llobregat** perteneciente a la red del XIOM (*Xarxa d'Instruments Oceanogràfics i Meteorològics*) de la Generalitat de Catalunya, que posee registros desde mayo de 1984. Esta boya se encuentra fondeada a una longitud 2° 8,48' Este, latitud 41° 16,69' Norte y a una profundidad de 45 m. Inicialmente era escalar, pero a partir de 2004 pasó a ser direccional.
- La **boya Barcelona II** perteneciente a la red costera de Puertos del Estado, que es direccional y posee registros desde mayo de 2004. Esta boya se encuentra fondeada a una longitud 2,20° Este, latitud 41,32° Norte, y a una profundidad de 68 m.



Figura 69.- Localización de los datos empleados (Fuente: elaboración propia)

Dado que la duración de registros direccionales de las boyas es limitado (del orden de 10 años) y que están relativamente alejadas de la zona de estudio, se ha decidido buscar una información adicional, por lo que se también se han empleado los siguientes datos procedentes de retro-análisis numérico del oleaje (es decir, datos simulados por ordenador, que no proceden de medidas directas de la naturaleza pero que en su obtención han sido calibrados con medidas de oleaje reales: boyas, radares...).

- **Base de datos SIMAR-44**, generada por Puertos del Estado en el marco del Proyecto Europeo HIPOCAS, que cubre un amplio periodo temporal: 1958 - 2002 (es decir, 44 años) con un dato cada 3 horas. Para este estudio se ha utilizado información correspondiente al punto SIMAR 2062049, situado a una longitud 1,75° Este y latitud 41,125° Norte, en profundidades indefinidas.
- **Base de datos WANA**, generada por Puertos del Estado y que va actualizando los datos de manera continuada desde 1996. Por ello también se empleará el punto WANA 2105133, situado a una longitud 1,917° Este y latitud 41,083° Norte, muy próximo al punto SIMAR seleccionado.

La ubicación de estos puntos se presenta también en la Figura 69.- .

#### 3.5.2.2 Oleaje en alta mar

##### Direcciones

La Figura 70.- muestra las frecuencias de cada sector direccional del oleaje para las diferentes fuentes de datos, así como el intervalo temporal de los registros empleados en los cálculos.

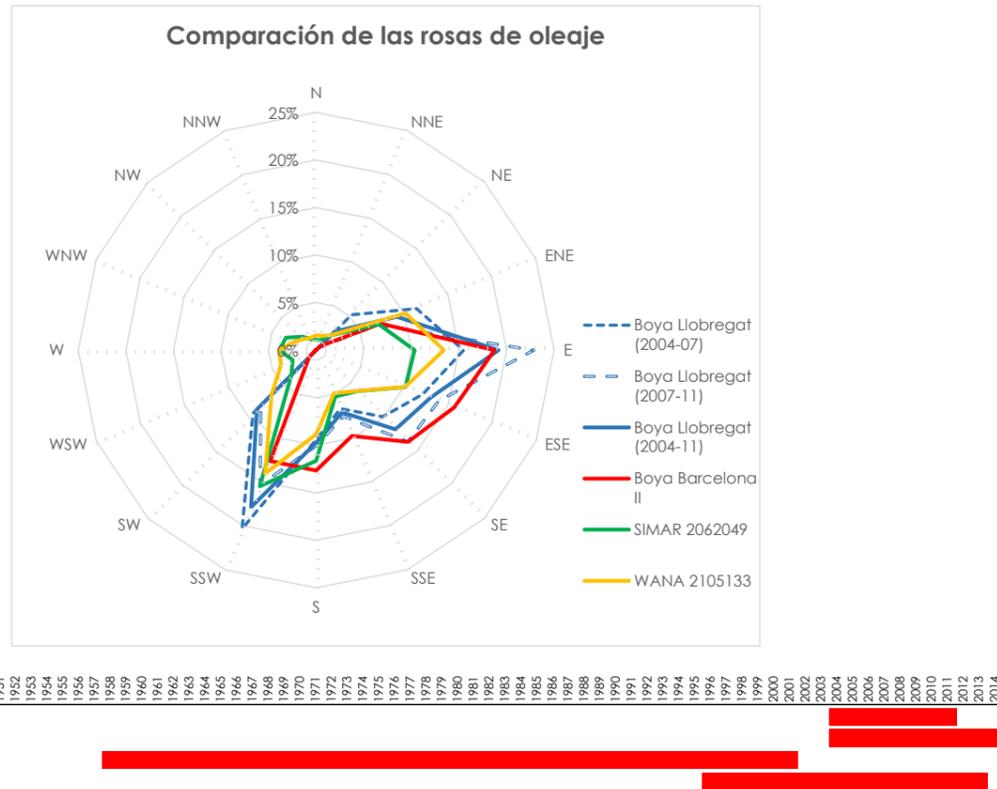


Figura 70.- Comparación de la información direccional de las diferentes fuentes de oleaje (Fuente: elaboración propia)

Puede apreciarse que

- Las rosas para ambas boyas son similares, lo cual parece lógico teniendo en cuenta su proximidad, siendo el sector E el reinante (el de mayor frecuencia), seguido del SSW.
- La rosa de los puntos SIMAR y WANA presentan gran similitud pese a que su intervalo temporal es muy diferente. La principal diferencia es que en el punto SIMAR registra menos oleaje procedente del E que el punto WANA (del orden del 3%).
- Si se comparan las rosas de las boyas con las de los puntos SIMAR y WANA se observa que la principal diferencia radica en que el sector reinante en ambas boyas es el E mientras que en ambos puntos es el SSW. La explicación puede estar que mientras que los puntos SIMAR y WANA se han obtenido en aguas profundas, las boyas se ubican en aguas intermedias, de manera que el oleaje registrado por éstas se ha refractado en su propagación hacia la costa que en este caso consiste en un giro horario (pasando de ENE a E). Así si se calcula la frecuencia conjunta de los sectores ENE + E los valores son de 29,82% y 26,06% en las boyas y 23,56% en el punto WANA, es decir, muy similares (en cambio en el caso de punto SIMAR sigue siendo inferior, un 17,45%). Algo similar sucede con la dirección SSW y S: en los puntos SIMAR y WANA y la boya Llobregat el % asociado al SSW es bastante superior al de la boya Barcelona II, ya que la refracción hace que el oleaje gire del SSW al S. En cambio la frecuencia conjunta de los sectores S+SSW es del 25,44 % en

la boya Llobregat, del 25,28 % en la boya Barcelona II, 22,88 % en el punto WANA y 27,14% en el punto SIMAR, es decir, valores muy similares).

Se concluye, por tanto, que los datos SIMAR y WANA son bastante coherentes con los registros de las boyas (especialmente estos últimos), y al tener mayor duración de datos resultan aptos para su empleo.

#### Altura de ola

En la Figura 71.- se presenta la comparación de las funciones medias de distribución escalares de la altura de ola significativa  $H_s$  (es decir, la función que relaciona  $H_s$  con su probabilidad de no excedencia) obtenidas para las 4 fuentes de datos. Puede apreciarse que los datos se encuentran en una franja del entorno de 0,50 m en el intervalo  $0,50 \leq F \leq 0,999$ , lo que implica una gran consistencia entre ellos, siendo las alturas del punto SIMAR las inferiores.

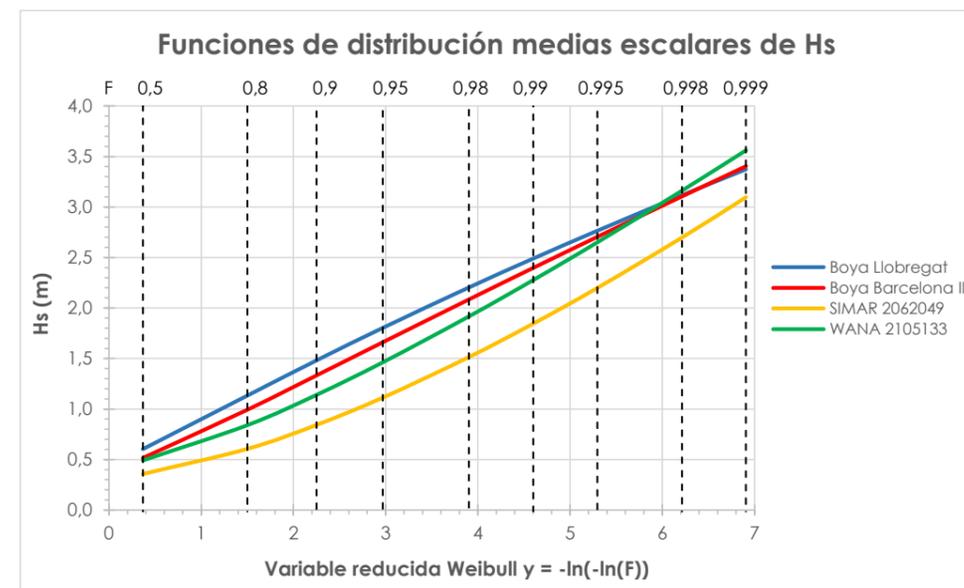


Figura 71.- Funciones de distribución medias escalares de  $H_s$  (Fuente: elaboración propia)

#### Período de oleaje

La Figura 72.- muestra las frecuencias de diferentes intervalos del período pico  $T_p$  para la boya Barcelona II y los datos SIMAR y WANA. Estos dos últimos tienen gran similitud (con un máximo entre los 3 y 4 s) mientras que la boya presenta frecuencias mayores en el intervalo de 4 a 8 s y frecuencias menores en el resto.

Por lo que respecta a las funciones de correlación entre  $H_s$  y  $T_p$  la Figura 73.- muestra las funciones obtenidas para las diferentes fuentes de datos, pudiéndose apreciar cierta similitud en todos los casos.

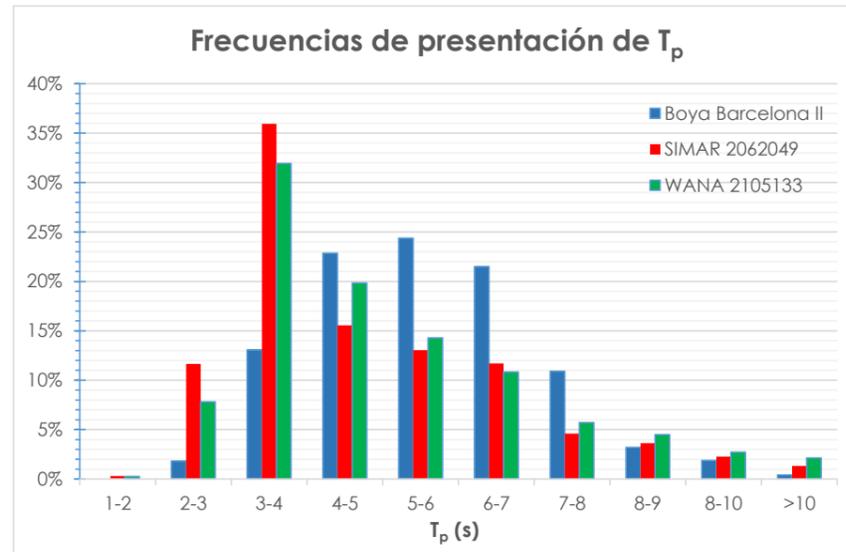


Figura 72.- Frecuencias de presentación de  $T_p$ . Izquierda: boya Barcelona II; centro: SIMAR 2062049; derecha: WANA 2105133 (Fuente: elaboración propia)

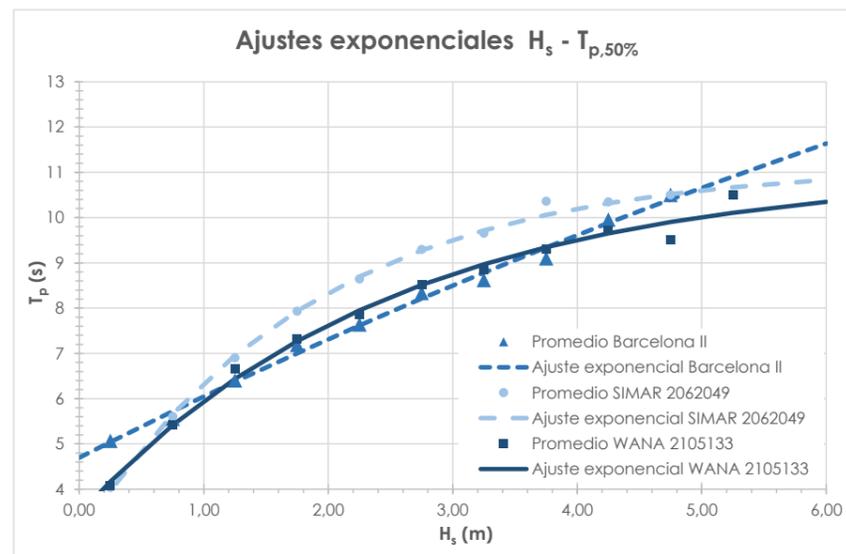


Figura 73.- Funciones de correlación lineal y exponencial  $H_s - T_{p,50\%}$  (Fuente: elaboración propia)

### 3.5.2.3 Propagación hasta la costa

Tras la definición de oleaje en aguas profundas o alta mar se ha efectuado la propagación del oleaje hasta profundidades reducidas (borde costero de la playa de San Sebastián), para conocer sus características locales ya que en su proceso de acercamiento a la costa el oleaje modifica su altura de ola y dirección de incidencia. Para ello se recurre a modelos numéricos capaces de incluir los diferentes fenómenos intervinientes, tales como refracción, difracción, asomeramiento, fricción con fondo y rotura de la onda.

En la Figura 74.- se muestran los resultados en un punto central de la playa de Sant Sebastià a una profundidad de -2 metros. Por lo que respecta a los coeficientes de propagación  $K_p$  (es decir relación entre la altura local y la altura en aguas profundas) los valores mínimos se obtienen para la dirección E y los máximos para la dirección S. Asimismo los valores de  $K_p$  son mínimos en cada dirección para los valores menores de  $T_p$ . Por lo que respecta a las direcciones locales, los oleaje que más cambian su dirección (que más giran) son los del E, seguidos de los de ESE y los que menos el S. Asimismo los giros máximos en cada dirección se producen para los valores mayores de  $T_p$ .

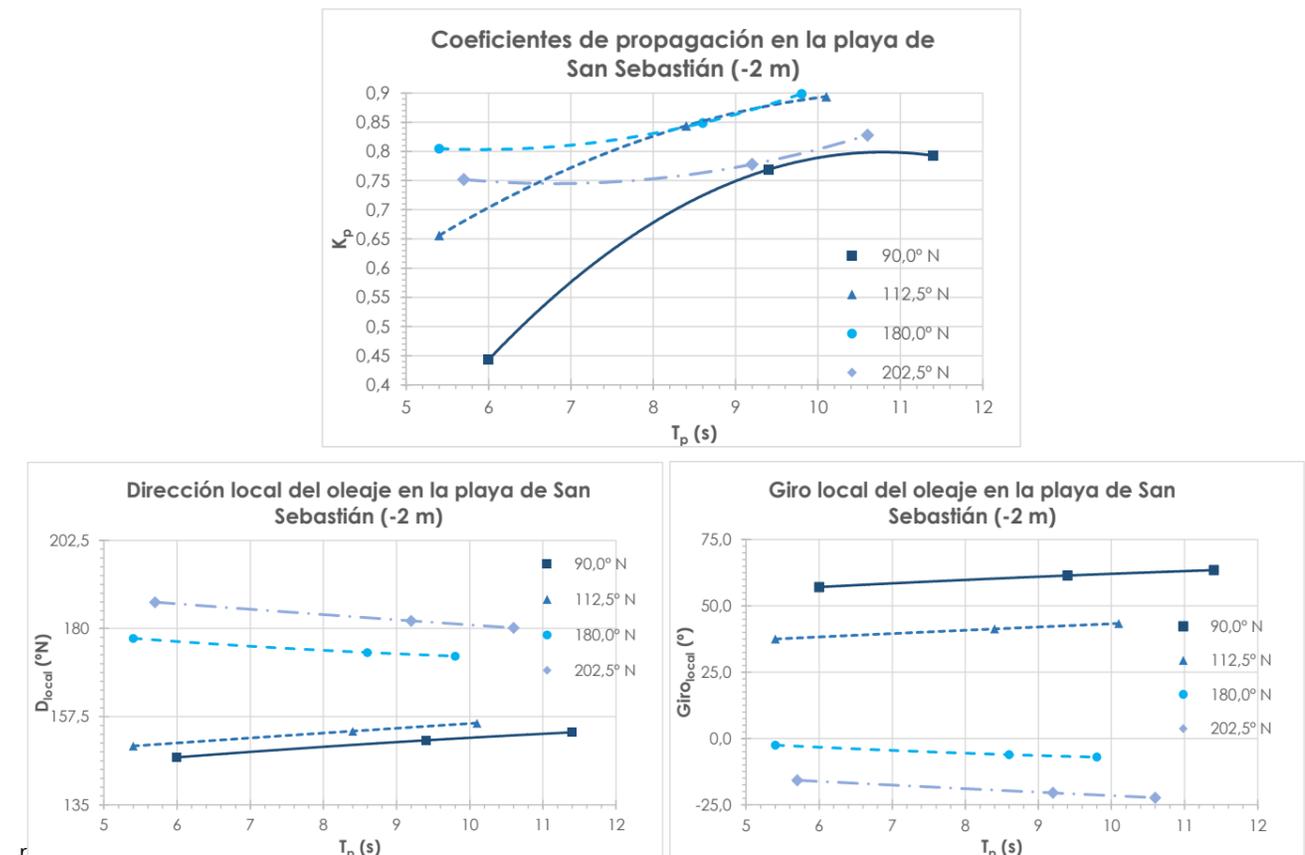


Figura 74.- Coeficientes de propagación (imagen superior) y direcciones locales y giros locales (imagen inferior) en un punto central de la playa de Sant Sebastià a una profundidad de -2 m (Fuente: elaboración propia)

Por consiguiente los oleajes que más cambian sus características y pierden más energía (es decir, altura de ola) son los procedentes del E (90° N) seguidos de los del ESE (112,5° N) mientras que los que menos cambian sus características y pierden menos energía son los del S (180° N) seguidos de los del SSW (202,5° N). Ello es debido a que la ortogonal a la dirección media de la batimetría está más próxima a la dirección S que al resto.

### 3.5.3 CORRIENTES

#### 3.5.3.1 Introducción

Las corrientes son movimientos generalmente no periódicos, de masas de agua de mar. Estos movimientos pueden tener lugar en distintas capas a diferentes profundidades o bien entre ellas. Los agentes generadores de las corrientes marinas son diversos: la acción del viento sobre la superficie del agua, las diferentes densidades de masas líquidas en contacto (especialmente en estuarios y en general en salidas al mar de aguas continentales), las sobreelevaciones locales del nivel medio, la influencia de la topografía costera...

Los parámetros principales que definen las características de una corriente son su dirección o rumbo, que indican el lugar hacia donde se dirigen y la deriva o velocidad diaria.

Atendiendo al proceso de generación se pueden clasificar las corrientes en cinco tipos:

- Corrientes generales.
- Corrientes locales inducidas por el viento.
- Corrientes inducidas por el oleaje.
- Corrientes de marea.
- Corrientes inducidas por la desembocadura de aguas continentales.

Desde el punto de vista de la ingeniería de costas y puertos, las corrientes más importantes son las que tienen lugar en la zona próxima a la costa, dado que son las únicas susceptibles de afectar sensiblemente a las playas, bahías, estuarios y a las obras en ellas presentes.

La zona de estudio queda englobada dentro de la circulación general del Mar Catalán. Se asume por gran número de científicos que la circulación de esta área marina junto con el Golfo de León, es de tipo ciclónico. Existe una corriente paralela a la costa continental desde el Norte de Catalunya hasta el Sur de la comunidad Valenciana y parte de Murcia, que proviene de la mar de Ligur. Así mismo existe una corriente hacia el noreste, que transcurre frente a las Baleares (ver Figura 75.- ).

Estas corrientes se encuentran asociadas a dos frentes de densidad de carácter eminentemente salino, causados por la menor salinidad tanto de las aguas de la plataforma continental afectadas por las aportaciones de los ríos, como de las aguas de influencia atlántica que penetran desde el sur entre las Baleares. Hacia el Golfo de León, al final del invierno, los fuertes vientos de Tramontana, secos y fríos, mueven toda la columna de agua desde la superficie hasta más de 2000 m de profundidad, ascendiendo agua nueva y bien oxigenada. Estos fenómenos oceanográficos generan una masa de agua de determinadas características.

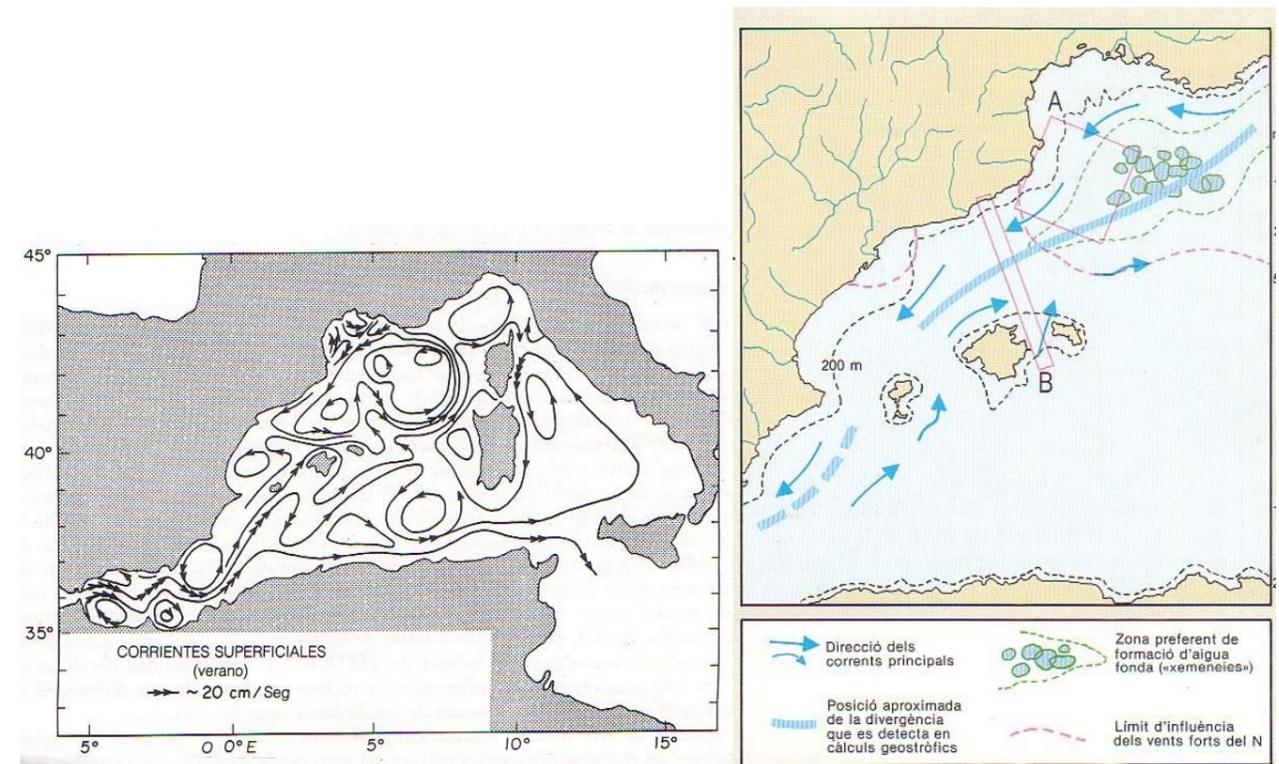


Figura 75.- Esquema de las corrientes superficiales presentes en el Mediterráneo (Fuente: Allain 1960 e Historia natural dels Països Catalans)

Las corrientes generales se producen en profundidades elevadas (superiores a los 50 ó 100 metros) por lo que carecen de importancia en este proyecto.

Por otra parte las corrientes inducidas por la desembocadura de aguas continentales y por la marea son poco importantes debido a la ausencia de río en las proximidades y la escasa carrera de marea en el Mediterráneo.

Por tanto, los únicos agentes capaces de producir corrientes importantes en esta zona son las corrientes locales inducidas por el viento y las inducidas por el oleaje. Sin embargo, la intensidad de las primeras es poco notoria en lo relativo a la dinámica litoral ya que se limitan a la parte superior de la columna de agua. En cambio, las producidas por el oleaje son aquí más importantes.

Las corrientes de rotura, afectan de manera importante a la evolución y al estado actual de equilibrio de una playa, en cuanto a su forma en planta y en perfil (especialmente respecto a la primera). La rotura del oleaje genera unas corrientes, fundamentalmente paralelas a la playa aunque también transversales (corrientes de retorno o 'rip currents'), que están condicionadas por el ángulo con que el oleaje incide en la playa y por los gradientes longitudinales de altura de ola a lo largo de la playa (ver Figura 76.- ). Su importancia radica en la alta capacidad que este tipo de corrientes tiene de transportar y

movilizar, en dirección paralela a costa, sedimentos que el oleaje ha puesto previamente en suspensión en la zona de rotura (por efecto de la turbulencia). De esta forma, son unos agentes de peso a la hora de modelar la forma de una playa y proporcionarle cierta estabilidad.

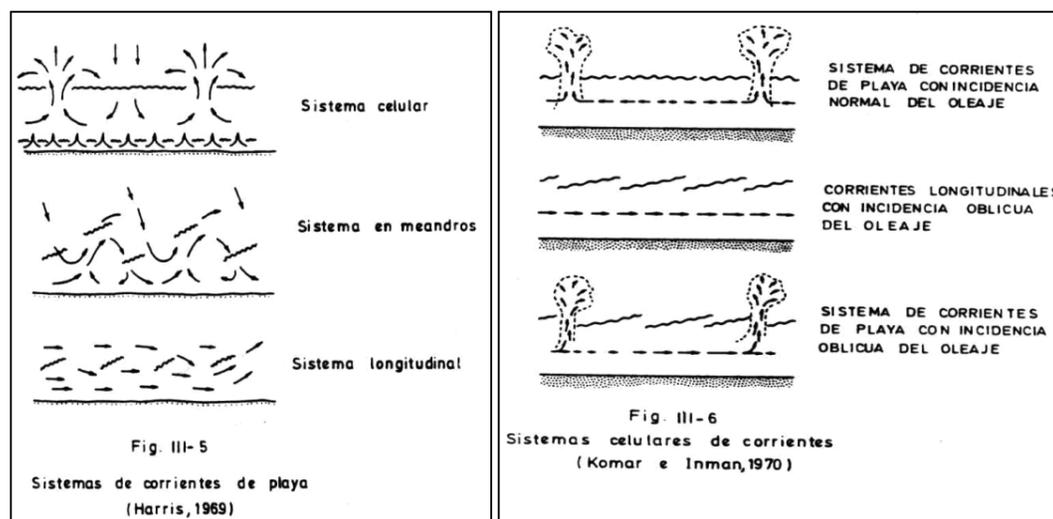
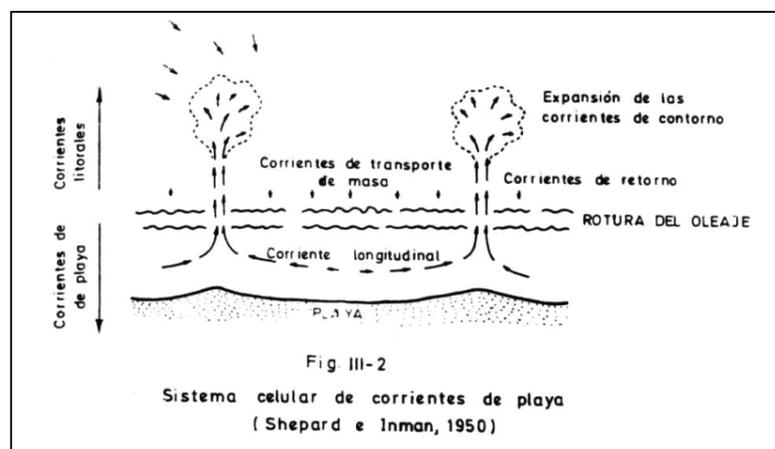


Figura 76.- Gráfica de diferentes sistemas circulatorios en playas (Fuente: Losada, M.A)

### 3.5.3.2 Sistema de corrientes litorales en la playa de Sant Sebastià

Se han modelizado las corrientes asociadas al oleaje morfológico (o medio) y al oleaje asociado a 12 h/año (correspondiente a un temporal de carácter anual).

En el caso del oleaje medio o morfológico (ver Figura 77.-), se aprecia un bucle en sentido horario que ocupa aproximadamente las 2/3 partes más meridionales de la playa, y que conlleva o genera una corriente longitudinal hacia levante entre dicho bucle y la orilla. Aunque de pequeñas dimensiones, parece que la escollera situada en el extremo de levante de la playa tiene un papel clave, tanto en la protección del tramo norte de la playa de San Sebastián frente a los Levantes. Mención aparte

tendrían los Ponientes, representados especialmente con la simulación del SSW, donde la corriente que se genera hacia levante desde la punta de La Torreta, recorre todo el tramo de playas desde Sant Sebastià hasta Balmins, impulsada por los bucles horarios que se forman en ambas playas.

En cuanto a magnitudes de esta corriente longitudinal para la playa de Sant Sebastià, la velocidad  $v_c = 0,06$  m/s es representativa de los valores medio, no superándose en ningún caso el valor de 0,10 m/s.

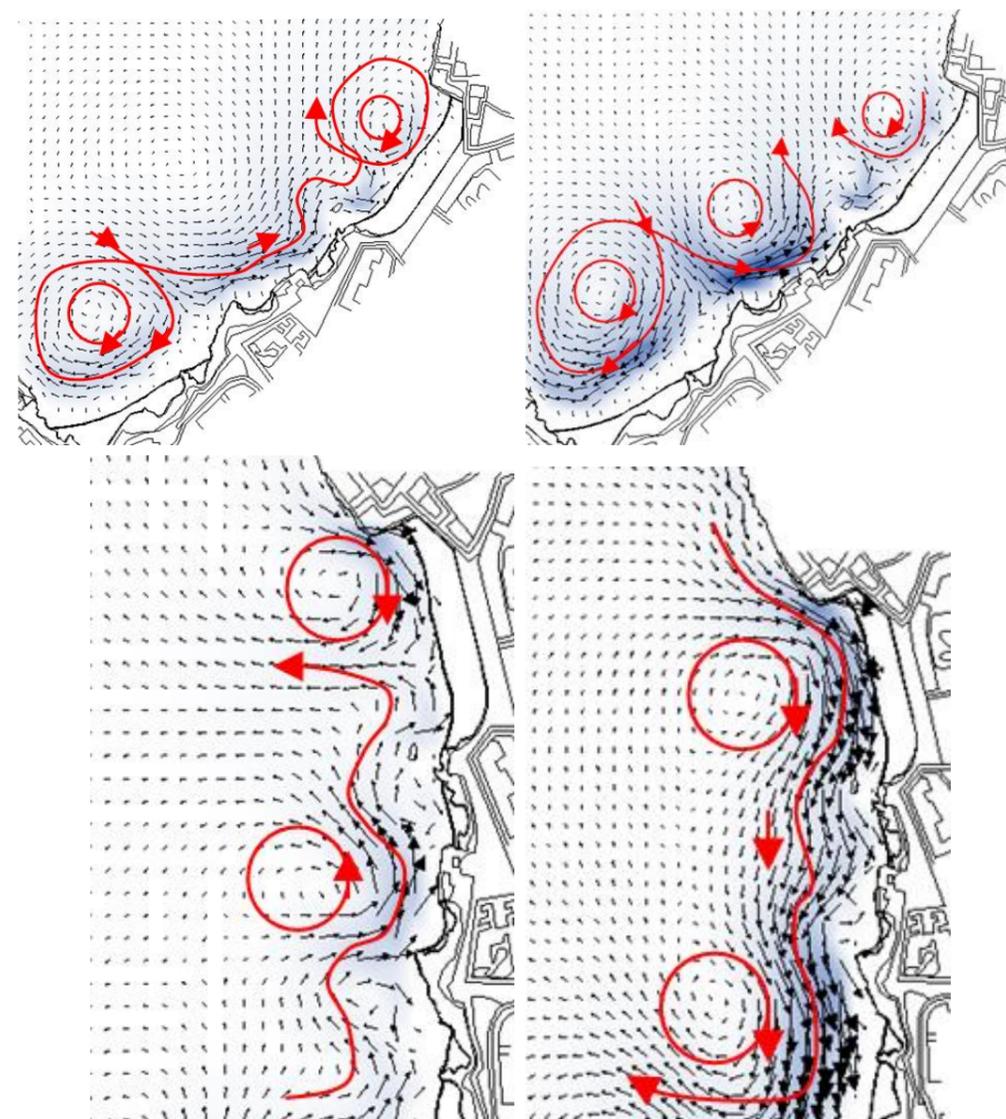


Figura 77.- Detalle gráfico de los vectores de corriente para los casos de altura de ola morfológica del E (superior izquierda), ESE (superior derecha), S (inferior izquierda) y SSW (inferior derecha)(Fuente: Elaboración propia)

### 3.6 CALIDAD DEL AGUA

La temperatura está sometida a un ciclo estacional, con una situación invernal de homotermia que afecta a toda la columna vertical de la masa de agua y una situación estival con gradientes en profundidad, además, de otras dos etapas intermedias de transición (primavera y otoño).

La presencia de una homogeneidad casi total de temperaturas en toda la masa de agua describe una situación típicamente invernal, con gradientes de temperatura entre la superficie y el fondo prácticamente iguales, que confirman la homotermia típica de épocas de frías. La presencia de una termoclina indica la existencia de estratificaciones en el seno de la columna de agua; ésta tiene una consecuencia directa sobre los flujos de materia y energía entre las aguas superficiales y las de fondo.

La propagación de la radiación lumínica en el océano se explica por las propiedades fisicoquímicas del agua de mar y por las características físicas de la luz, que a su vez tienen una gran importancia en los procesos biológicos que se suceden en el mar. Los factores fisicoquímicos que influyen sobre las propiedades de la luz son la transparencia (la cantidad de luz que se transmite en el agua del mar), la absorción (el grado de radiación retenida), y la turbidez (reducción de la claridad del agua por la presencia de materia suspendida).

La penetración de la luz se relaciona de forma directa con la transparencia del agua: a mayor transparencia, mayor es la cantidad de energía lumínica que penetra y mayor es la profundidad que ésta alcanza. A modo de referencia, se calcula que en aguas claras los cinco primeros metros absorben aproximadamente el 70% de energía lumínica incidente, mientras que en aguas turbias puede llegar al 90%. La intensidad límite para poder realizar la fotosíntesis es del 1% de la intensidad lumínica de la que se da en superficie, este límite constituiría la profundidad que alcanza la capa fótica.

Los parámetros que determinan la transparencia del agua son las materias en suspensión (MES) y la turbidez.

MES y turbidez están relacionadas: generalmente a mayor MES, mayor turbidez. Pero también depende de la naturaleza física de las partículas en suspensión. Por ejemplo, partículas de arcilla, de forma aplanada, ocupan una mayor superficie y por tanto interceptan mayor cantidad de luz, aumentando la turbidez sin que aumente de forma significativa el peso y por tanto la MES.

El oxígeno disuelto en el agua de mar ocupa una posición central en relación a la mayoría de procesos biológicos, ya que se consume en la respiración aerobia y se produce como consecuencia de la hidrólisis de la molécula de agua durante la fotosíntesis. Los principales factores que condicionan el balance de oxígeno son los siguientes: temperatura, intercambio entre las masas de agua y la atmósfera, mezcla turbulenta de las capas de agua, procesos fotosintéticos (eutrofia), respiración y otros procesos químicos y biológicos, contaminación orgánica.

La cantidad de oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno y su distribución en una masa de agua variará en función de la interacción entre estos factores y las alteraciones producidas por factores internos o externos al sistema que modifican el equilibrio dinámico entre dichos factores. Su concentración en una situación determinada, al margen de las variaciones de carácter estacional, representa siempre un magnífico indicador de la 'salud ecológica del sistema' que puede medirse en términos de concentración de saturación. Los niveles esperados en las aguas son normales, con valores de saturación de oxígeno próximos al 100%.

Por norma general, las concentraciones de los nutrientes en agua de mar suelen ser muy bajas en toda la columna de agua y ligeramente superiores en los niveles más profundos. No obstante esta situación se invierte a finales de invierno alcanzándose los valores máximos en la capa superficial, esta situación conduce a una mayor biomasa de producción primaria durante la primavera.

El rango de concentraciones habituales encontradas para los nitratos se sitúa entre 0,6-1,2 mg/l, los nitritos se encuentran por debajo de 0,1 mg/l y los fosfatos entre 0,15-0,2 mg/l. Se ha de tener en cuenta además que estos valores están sujetos a pequeñas variaciones debido a la época del año y a los ciclos de producción fitoplanctónica. Los resultados de las muestras analizadas se encuentran por debajo del rango mencionado, a excepción de los nitritos que alcanzaron valores superiores, pero no suponen en ningún caso riesgo de peligro o contaminación alguno. En cuanto al amonio los valores obtenidos entran dentro de la normalidad esperada para la zona, profundidad y época del año.

Por otro lado los ríos aportan al mar gran cantidad de silicatos derivados de la meteorización de las rocas por acción combinada del agua de mar y el CO<sub>2</sub> atmosférico. La concentración de silicatos en el agua de mar en su estrato superficial es generalmente baja mientras que aumenta con la profundidad llegándose a alcanzar valores en torno a 1-5 mg/l. La bibliografía indica que a partir de una concentración de 1 mg/l, la concentración de silicatos deja de ser limitante para el crecimiento de la mayoría de las diatomeas, aunque este valor puede variar en función de la especie estudiada.

Los valores de fluorescencia miden la cantidad de pigmentos fotosintéticos (clorofila) presentes en el agua y por tanto la cantidad de algas presentes en la columna de agua, directamente proporcional con la producción fotosintética. Se espera un rango de valores de 0,5-2 µg/l, propios de aguas litorales son normales para la época del año.

La presencia de metales pesados en el agua marina tiene diferentes orígenes, los principales son los aportes continentales (ríos) tras la lixiviación natural de los minerales, el transporte atmosférico, la difusión desde los sedimentos, la actividad hidrotermal y fuentes antropogénicas. De todas las fuentes enunciadas, la principal y más relevante en un ámbito costero como el estudiado es la antropogénica. La concentración de metales pesados es un indicador de contaminación industrial, puesto que son compuestos muy utilizados en gran cantidad de procesos, así como componentes mayoritarios de subproductos resultado de esos mismos procesos que tienen lugar dentro de las actividades portuarias.

Los principales problemas, en lo que a metales pesados se refiere, es la biomagnificación de estas sustancias a lo largo de la red trófica marina. Esta bioacumulación afecta sobre todo a los niveles superiores y, por lo tanto, altera de forma importante el normal funcionamiento del ecosistema.

No obstante, las condiciones oxidantes del medio marino (que hace que precipiten en forma de carbonatos y sulfatos), la capacidad complejante de los compuestos (sobre todo orgánicos) que existen en disolución y también la posibilidad que tienen estas especies por adsorberse sobre el material particulado inorgánico (principalmente arcillas) hace que su concentración en la columna de agua sea siempre muy baja. En cambio, los metales pesados se acumulan en el sedimento a consecuencia de los procesos de precipitación descritos. De forma general la concentración de metales pesados es superior en los sedimentos que en la columna de agua. Concentraciones elevadas en el medio acuático permiten inferir altas concentraciones en el sedimento.

Es evidente que cualquier obra de dragado implica una resuspensión de materiales finos que implica necesariamente la alteración de la calidad del agua, de manera transitoria y con una intensidad que depende del volumen de finos movilizados. En este caso, la valoración del impacto se realiza teniendo en cuenta los valores de referencia propuestos en otros PVA del litoral de Barcelona (Demarcación de Costas en Cataluña, 2005):

Tabla 23.- Evolución de los parámetros de control en el PVA 2005. (Fuente: Tecnoambiente)

VARIABLE	COMENTARIO	VALORES DE REFERENCIA INVIERNO
<b>Penetración de la luz</b>	Medida a través del disco de Secchi. Está afectada por las condiciones concretas en el momento de la lectura.	> 6 m
<b>Turbidez</b>	Medida nefelométrica de la turbidez del agua. Las alteraciones se producen por unidades de obras que suponen movilización de finos (dragado, vertidos escollera, relleno cajones, etc).	< 5 NTU (superficie)
<b>Materias en suspensión (MES)</b>	Concentración total de material retenido en un filtro de fibra de vidrio y que incluye tanto fracción orgánica como inorgánica. Tiene el mismo comportamiento que la turbidez pero la concentración de MES puede verse sensiblemente afectada por causas ajenas a las obras, como episodios de lluvias intensas.	< 10 mg/l (superficie)
<b>Oxígeno disuelto</b>	Este gas forma parte de los principales procesos del sistema (respiración y fotosíntesis). Su concentración en un momento dado informa del "stress" del sistema debido generalmente a un exceso de materia orgánica aunque se ha demostrado que determinadas causas ajenas a las obras (como "mareas rojas") pueden alterar al balance de oxígeno disuelto.	Valor saturación en superficie: >80% Sin gradientes significativos a lo largo de la columna de agua
<b>Metales pesados</b>	La concentración de estos compuestos en el agua es muy baja y proceden de la liberación a partir de los sedimentos. Sólo en la fase de dragado puede producirse una resuspensión de finos acompañada de un aumento transitorio de la presencia de determinados metales en la columna de agua.	Metales más tóxicos (Cd, Hg) < 1,0 ppb Otros metales (Cu, Pb, Cr) < 10 ppb Metales mayoritarios (Zn, V) < 1,0 ppm

La zona de estudio se encuentra dentro del **masa de agua C-23: Sitges**, que está limitada al norte por Port Ginesta (en el T.M. de Sitges) y al sur por la punta de les Anguines (en el T.M. de Sitges). En función de su pendiente y tipo de sustrato del fondo, las aguas costeras se califican en 5 tipologías, perteneciendo la C23 al tipo CWM3 (arenoso somero). En la Figura 78.- se muestra la ubicación de las diferentes masas de aguas y en particular la MA-C23.

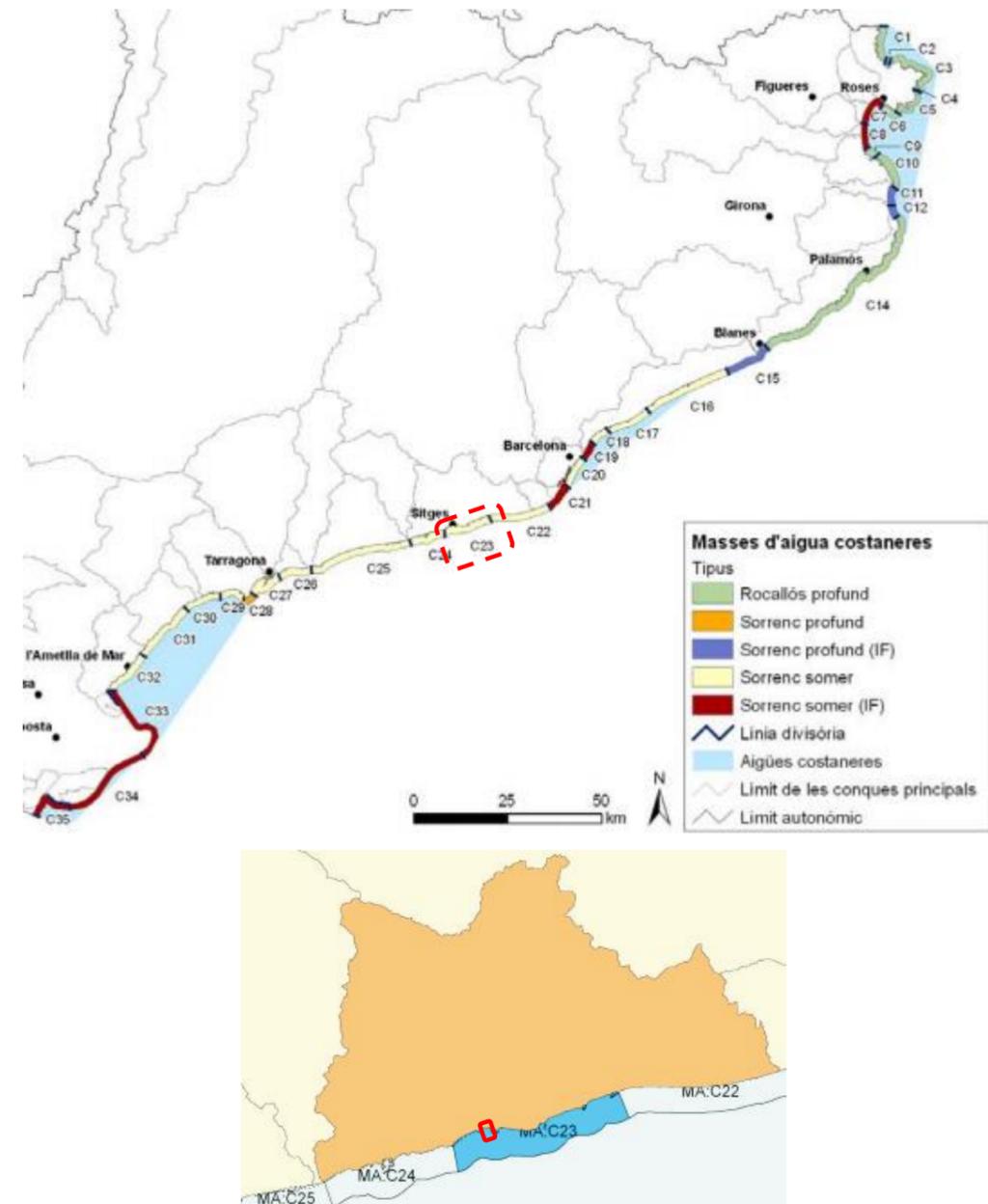


Figura 78.- Arriba: masas de agua costeras en Cataluña y su tipología; abajo: ubicación de la masa de agua C23 y de la zona de actuación (Font: ACA y elaboración propia)

La Agència Catalana de l'Aigua (ACA) viene realizando controles de la calidad del agua en las zonas de baño bajo su jurisdicción. Los resultados de los análisis en las zonas de baño de la masa C23 se muestran en la Tabla 24.- (se recuerda que la actuación proyectada se desarrolla en la playa de San Sebastià).

Tabla 24.- Resultados de la calidad del agua en las zonas de baño de la masa de agua MA- (Fuente: elaboración propia a partir de datos del ACA)

**Calidad de las aguas de baño**

	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Del Garraf			Deficiente	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Excelente																		
Aiguadolç			Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Balmins																														
Sant Sebastià			Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
De la Ribera			Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
De l'Estanyol																														
De la Barra			Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
De Terramar																														

**Aspecto visual de las aguas de baño**

	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Del Garraf			Moderada																											
Aiguadolç																														
Balmins																														
Sant Sebastià			Excelente																											
De la Ribera			Excelente																											
De l'Estanyol																														
De la Barra			Excelente																											
De Terramar																														

■ Excelente   
 ■ Buena   
 ■ Moderada   
 ■ Deficiente   
  Sin datos

Puede apreciarse que

- la calidad microbiológica del agua ha sido EXCELENTE (según el Real Decreto 1341/2007) en todas las playas durante los últimos 10 años, salvo en la del Garraf en 2009 y la de Sant Sebastià en 2014 y 2015, en las que fue BUENA,
- el aspecto visual del agua durante los últimos años de los que se dispone de medidas (hasta 2010) fue en todas ellas BUENA salvo algunas excepciones (EXCELENTE en Balmins, la Riera y l'Estanyol y moderada en Balmins en 2006).

Asimismo, según información del ACA (*Caracterització de masses d'agua i anàlisi del risc d'incompliment dels objectius de la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CE) a Catalunya (conques intra i intercomunitàries. Document de síntesi)*) la presión global sobre la masa de agua MA-C23 es SIGNIFICATIVA (entre las opciones significativa / no significativa), su estado ecológico es MEDIO (entre las opciones muy bueno / bueno / medio / deficiente / malo) y el riesgo de incumplimiento de los

objetivos de la Directiva en aguas costeras es MEDIO (entre las opciones nulo / bajo / medio / elevado).

**3.7 DINÁMICA LITORAL**

**3.7.1 FORMAS DE EQUILIBRIO EN PLANTA Y PERFIL**

**3.7.1.1 Formas de equilibrio de una playa en planta**

*3.7.1.1.1 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:

$$R = K \cdot e^{\theta \cot \alpha} = K \cdot e^{\theta \tan \phi}$$

siendo:

- K una constante que depende del tramo angular de la espiral
- $\alpha$  el ángulo constante entre la tangente y el radiovector en un punto de la espiral
- $\theta$  el ángulo variable en radianes entre el origen y el radiovector de un punto determinado
- $\phi$  el ángulo complementario de  $\alpha$  ( $\phi = 90^\circ - \alpha$ )

La comprobación experimental (Garau) parecía indicar que para las playas de arena encajadas del Mediterráneo español el ángulo  $\phi$  valía  $30^\circ$ , 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),
- $\beta$  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 79.- ),
- $\theta$  es el ángulo entre el frente del oleaje y el radio  $R$  (ver Figura 79.- ),
- $C_0$ ,  $C_1$  y  $C_2$  son unos coeficientes con unos valores universales que dependen de  $\beta$  (ver Figura 80.- ).

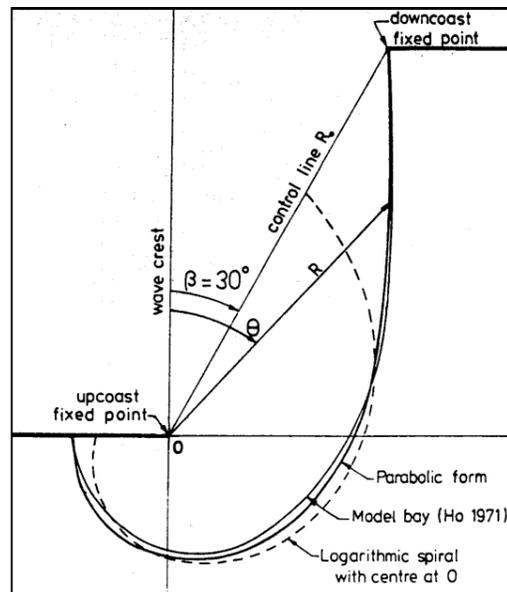


Figura 79.- Definición esquemática de la planta de una bahía en equilibrio (Fuente: Hsu y Evans)

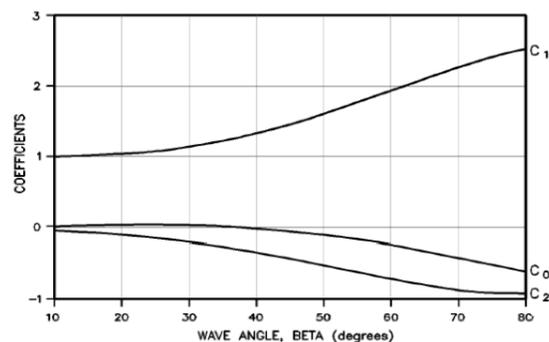


Figura 80.- Valores de los coeficientes  $C_0$ ,  $C_1$  y  $C_2$  de la formulación parabólica (Fuente: Hsu y Evans)

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 resulta 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  $\beta$ , 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  $\beta$ :

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

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.

En la Figura 81.- se muestra de forma resumida la metodología para obtener la forma en planta de equilibrio.

Esta formulación fue obtenida para playas encajadas no afectadas por desembocaduras. 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 la 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 costa no recogidas por dicha fórmula.

### 3.7.1.1.2 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 **PLAYAS** desarrollado por MARCIGLOB.

Los parámetros que se necesitan para poder aplicar dicha formulación son la dirección 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  $T_{s,12}$ .

### Definición del polo de difracción

El primer paso consiste en la definición del polo de difracción. En este caso hay dos opciones: el extremo del dique del puerto de Aiguadolç y la esquina de su contradique, por lo que se probarán ambos.

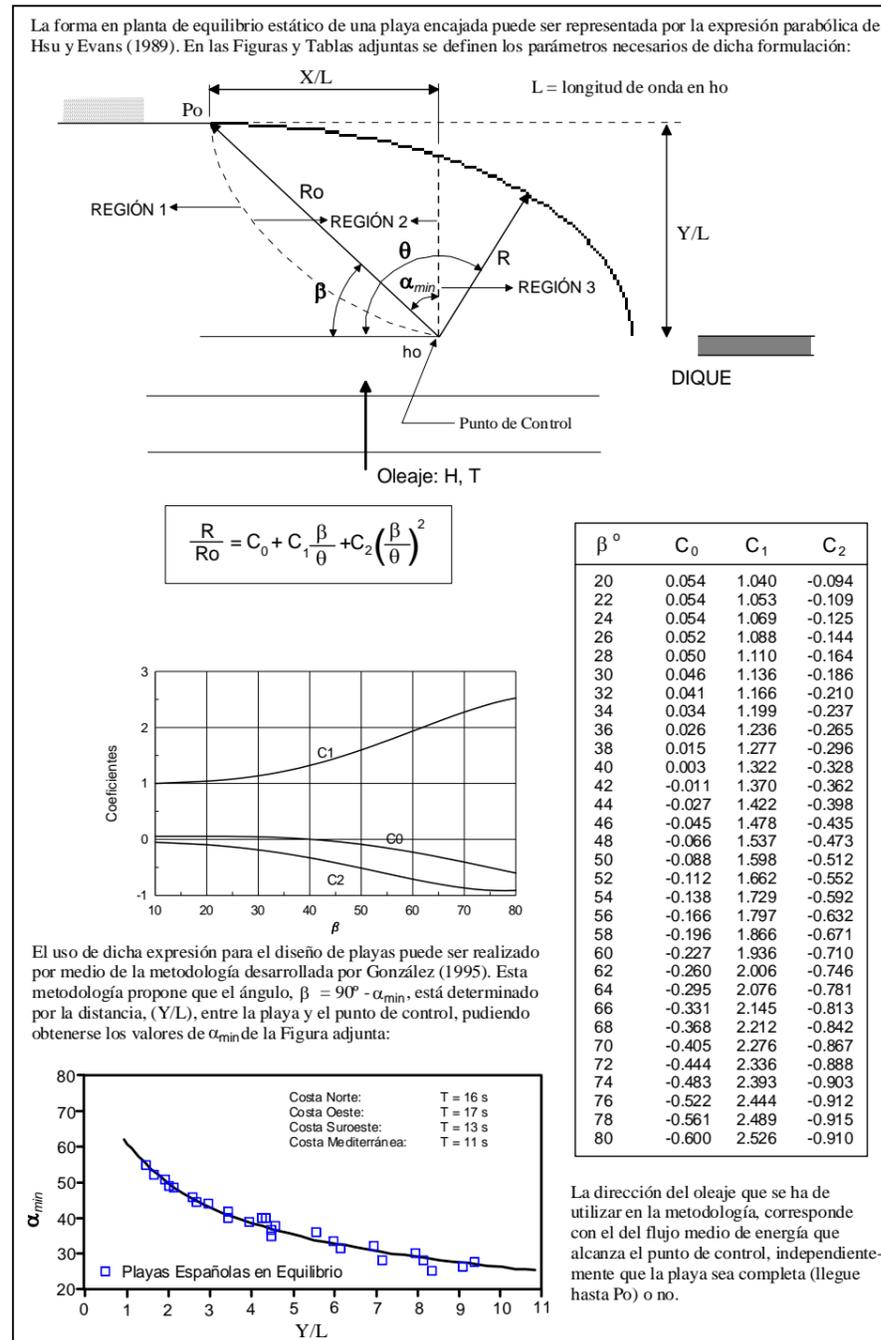


Figura 81.- Forma en planta de equilibrio estático. Playas encajadas no afectadas por desembocaduras (Fuente: GIOC (Universidad de Cantabria))

**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,  $\vec{F}_p$ .

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

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 este caso su probabilidad o frecuencia de presentación (ver Tablas 3, 5 y 7 del Anejo nº 2).

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.

En el caso que no se disponga de la base de datos de oleaje en alta mar el cálculo puede realizarse de manera aproximada a partir de las tablas de encuentro  $H_{s0}$  - Dirección local y  $H_{s0}$  -  $T_p$  de acuerdo al esquema mostrado a continuación.

- La tabla de encuentros  $H_{s0}$  -  $T_p$  es subdividida en tres tablas para tener en cuenta el efecto del período de oleaje: una asociada a  $T_{p,10\%}$ , otra asociada a  $T_{p,50\%}$  y la tercera asociada a  $T_{p,90\%}$ . La frecuencia de cada caso  $H_{s0,ij}$  será  $f_{ij} = p_{ij} * p(T_p)$ , donde  $p_{ij}$  es la probabilidad que aparece en la tabla de encuentros  $H_{s0}$  -  $T_p$  y  $p(T_p,i)$  la probabilidad asociada al período pico considerado: en el caso de  $T_{p,10\%}$  es 30%, en el caso de  $T_{p,50\%}$  es 40% y en el caso de  $T_{p,90\%}$  es 30%.
- Los valores  $H_{s0,ij}$  de cada tabla son propagados hasta la playa de Sant Sebastià. Para ello en primer se obtiene el coeficiente de propagación  $K_p$ , que de acuerdo al Anejo nº 2 es función del período de oleaje y la dirección en aguas profundas  $K_p = f(T_p, D_0)$ , de manera que  $H_{slocal,ij} = H_{s0,ij} * K_p(T_p,i, D_{0,ij})$ . En segundo lugar se obtiene la dirección local del oleaje, que de acuerdo al Anejo nº 2 es función del período de oleaje y la dirección en aguas profundas  $D_{local} = f(T_p, D_0)$ , de manera que  $D_{local,ij} = D_{local}(T_p,i, D_{0,ij})$ .
- Posteriormente se calcula el flujo de energía del oleaje local, que es función de  $H_{slocal,ij}$  y  $D_{local,ij}$ .
- Finalmente se efectúa la suma vectorial de los flujos de energía de cada caso ij, de manera que  $F_x = \sum F_{x,ij} * p_{ij} * p(T_p)$  y  $F_y = \sum F_{y,ij} * p_{ij} * p(T_p)$ .
- La dirección del flujo medio de energía del oleaje vendrá dada por  $\text{atan}(F_x/F_y)$ .

Siguiendo esta metodología se ha obtenido que la dirección del flujo medio es  **$D_{fp} = 169,9^\circ N$**  en el caso de los datos SIMAR,  **$173,7^\circ N$**  en el caso de los datos WANA i  **$162,9^\circ N$**  en el caso de la boya Barcelona II /tal como se comentó en el Anejo nº 2 esta última infravalora los oleajes de componente SW, motivo por el cual el flujo medio es el menor y el más alejado del resto). No obstante debe tenerse en cuenta que este valor ha sido obtenido tras un proceso numérico, por lo que el valor real puede diferir en

algunos grados, por lo que es recomendable probar varios valores de la dirección media de oleaje alrededor de este valor para conseguir el ajuste óptimo.

### Ajustes realizados

La longitud de onda en el polo de refracción resulta ser 58,7 m (en la esquina del contradique) y 67,4 m (en el morro del dique). Por lo que respecta a los valores de  $Y$  y de  $\beta$ , se obtienen gráficamente a partir del mejor ajuste obtenido y de la expresión anterior.

En la Figura 82.- se aprecia el análisis considerando como polo de difracción el extremo del dique del puerto de Aiguadolç. Puede apreciarse como la esquina del contradique del puerto se encuentra fuera de la zona de afección (limitada por la línea discontinua de color naranja), lo que significa que la forma de las playas contiguas vendrá controlada por este segundo polo. Puede apreciarse que el ajuste en este caso es muy pobre, lo que confirma que el morro del dique no condiciona la forma en planta de estas playas.

Empleando como polo la esquina del contradique del puerto el ajuste alcanzado es mucho mejor, tal como puede apreciarse en la Figura 83.-. Este ajuste, que ha sido el mejor de los analizados, se ha obtenido empleando una dirección media del oleaje de  $169,5^\circ$  N, muy próxima al valor del flujo medio del oleaje obtenido con los datos SIMAR ( $169,9^\circ$  N). Puede observarse que la playa de San Sebastián está completamente fuera del ámbito de influencia del polo, por lo que su forma en planta no está condicionada por la presencia del puerto y al estar encajada entre salientes rocosos se ajustan bastante bien a la dirección media del oleaje incidente, si bien esta dirección media puede variar en función del oleaje incidente.

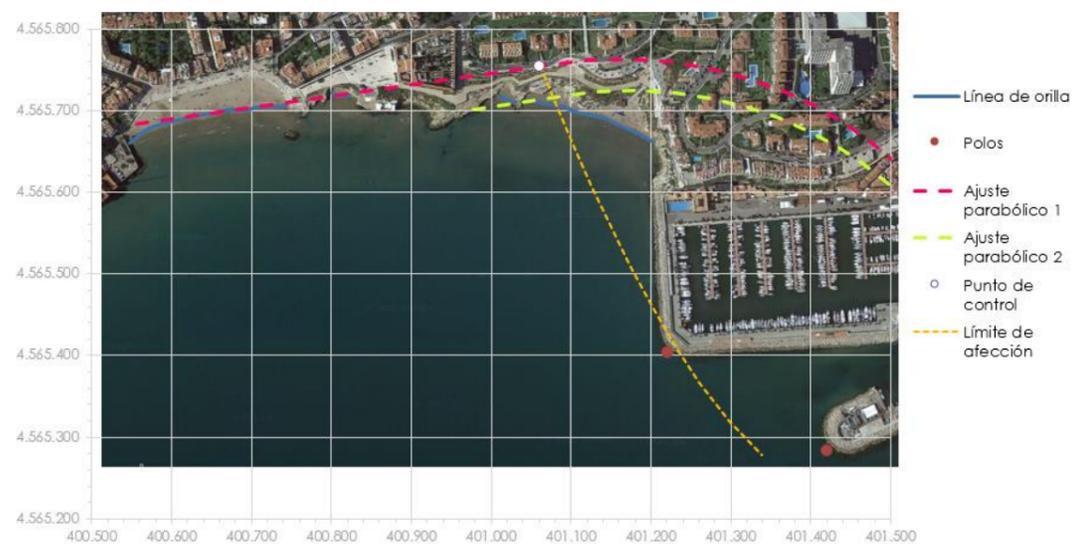


Figura 82.- Ajuste considerando el polo en el extremo del dique del puerto de Aiguadolç

Puede apreciarse que tanto el extremo occidental de la playa de San Sebastián como el extremo oriental de la playa de Balmins se alejan más de las líneas de ajuste parabólico como consecuencia de la existencia de unos salientes rocosos / de escollera que inducen reflexiones del oleaje por lo que la curva parabólica teórica deja de tener validez.

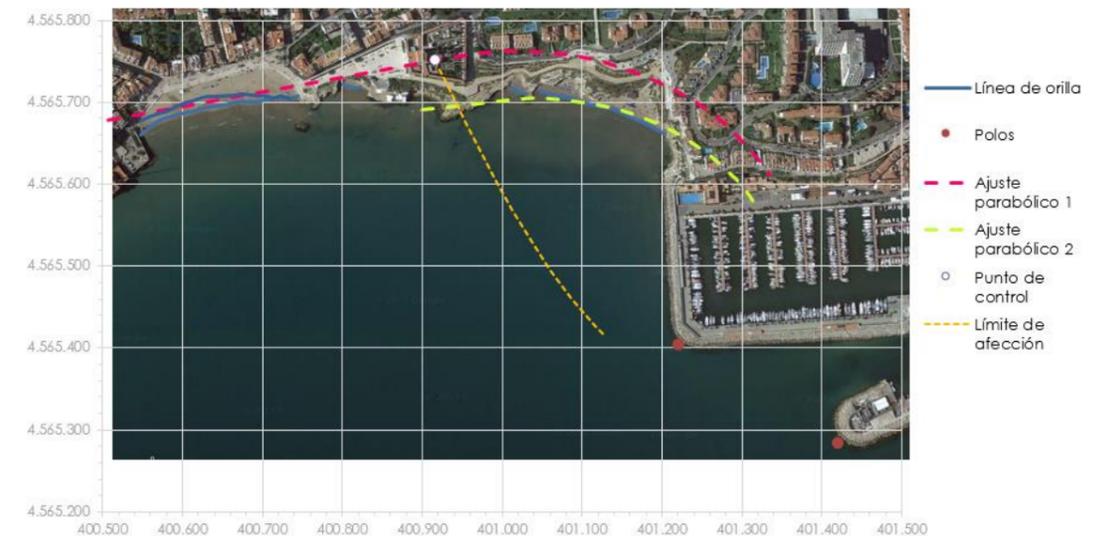


Figura 83.- Ajuste considerando el polo en la esquina del contradique del puerto de Aiguadolç (Fuente: Elaboración propia)

### 3.7.1.2 Análisis del perfil transversal

#### 3.7.1.2.1 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  $d_i$ , y el límite entre ésta y la zona exterior por la profundidad de cierre  $d_c$ .

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.

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

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

siendo:

- $H_{s12}$  la altura de ola significativa local superada 12 horas al año,
- $T_{s12}$  el período significativo asociado a  $H_{s12}$ ,
- $H_{sm}$  la altura de ola significativa local media anual,
- $T_{sm}$  el período significativo medio anual,
- $D$  el diámetro medio del material situado a una cota 1,50  $d_i$ .

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

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

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:

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

Del estudio de clima marítimo (ver Anejo nº 2) se pueden obtener la altura de ola significativa con probabilidad de ocurrencia de 12 horas/año en aguas profundas así como su período asociado teniendo en cuenta la correlación  $H_s - T_p$  correspondiente y suponiendo que  $T_s = T_p$ . Finalmente a partir de los coeficientes de propagación obtenidos en el Anejo nº 3 pueden calcularse los valores de  $H_{s,12}$  locales para cada dirección. En la Tabla 25.- se recogen todos los datos anteriores asociados a las direcciones incidentes sobre la playa, así como las profundidades activa y de cierre obtenidas para cada fuente de datos de oleaje disponible.

A efectos de estabilidad del perfil de playa, conviene quedarse con el mayor de estos valores, que corresponde al oleaje del E de los datos SIMAR, que por otra parte resulta ser uno de los más frecuentes. Por lo tanto:

$$H_{s12,local} = 3,12 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad activa}^4, d_i = 4,91 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad de cierre } d_i = 10,94 \text{ m}$$

<sup>4</sup> Se toma el valor obtenido de la expresión de Birkemeier ya que se ha comprobado que es mucho más realista que la de Hallermeier, que tiende a dar valores excesivos.

Tabla 25.- Profundidades activa y de cierre para diferentes direcciones de oleaje incidentes (Fuente: elaboración propia)

**Boya Barcelona II**

Dirección	$H_{s12,0}$	$T_{p12}$	$K_r \times K_s$	$H_{s12,local}$	$d_i = h^*$ (Hallermeier)	$d_i = h^*$ (Birkemeier)	$d_i$
E	4,00 m	9,6 s	0,7801	3,12 m	<b>6,38 m</b>	<b>4,84 m</b>	<b>10,93 m</b>
ESE	2,91 m	8,4 s	0,8422	2,45 m	5,00 m	3,79 m	8,58 m
SE	2,01 m	7,3 s	0,8618	1,73 m	3,56 m	2,71 m	6,07 m
SSE	2,02 m	7,3 s	0,8604	1,74 m	3,57 m	2,71 m	6,08 m
S	1,88 m	7,2 s	0,8113	1,53 m	3,17 m	2,41 m	5,35 m
SSW	2,53 m	8,0 s	0,7548	1,91 m	3,96 m	3,01 m	6,69 m
SW	2,17 m	7,5 s	0,6892	1,50 m	3,14 m	2,39 m	5,24 m
WSW							

**SIMAR 2062049**

Dirección	$H_{s12,0}$	$T_{p12}$	$K_r \times K_s$	$H_{s12,local}$	$d_i = h^*$ (Hallermeier)	$d_i = h^*$ (Birkemeier)	$d_i$ (m)
E	3,92 m	10,2 s	0,797	3,12 m	<b>6,46 m</b>	<b>4,91 m</b>	<b>10,94 m</b>
ESE	2,83 m	9,4 s	0,8762	2,48 m	5,16 m	3,92 m	8,67 m
SE	1,83 m	8,1 s	0,8865	1,62 m	3,42 m	2,60 m	5,69 m
SSE	1,87 m	8,1 s	0,8804	1,64 m	3,46 m	2,64 m	5,75 m
S	2,44 m	8,9 s	0,856	2,09 m	4,37 m	3,33 m	7,30 m
SSW	2,67 m	9,2 s	0,7802	2,09 m	4,40 m	3,35 m	7,30 m
SW	2,20 m	8,6 s	0,6691	1,47 m	3,16 m	2,41 m	5,16 m
WSW	2,07 m	8,4 s	0,5881	1,22 m	2,63 m	2,00 m	4,25 m

**WANA 2105133**

Dirección	$H_{s12,0}$	$T_{p12}$	$K_r \times K_s$	$H_{s12,local}$	$d_i = h^*$ (Hallermeier)	$d_i = h^*$ (Birkemeier)	$d_i$ (m)
E	3,88 m	9,4 s	0,772	3,00 m	<b>6,13 m</b>	<b>4,65 m</b>	<b>10,49 m</b>
ESE	2,61 m	8,4 s	0,8422	2,20 m	4,53 m	3,44 m	7,69 m
SE	2,00 m	7,6 s	0,8712	1,74 m	3,61 m	2,74 m	6,10 m
SSE	2,03 m	7,7 s	0,8697	1,77 m	3,66 m	2,78 m	6,19 m
S	2,81 m	8,6 s	0,8455	2,38 m	4,89 m	3,71 m	8,33 m
SSW	3,52 m	9,2 s	0,7802	2,75 m	5,64 m	4,28 m	9,63 m
SW	2,88 m	8,6 s	0,6691	1,93 m	4,05 m	3,08 m	6,75 m
WSW	3,06 m	8,8 s	0,5524	1,69 m	3,59 m	2,74 m	5,91 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 4,91 metros.

De la información batimétrica (ver Figura 84.- ) se deduce que los espigones de las playas frente al núcleo urbano de Sitges no alcanzan la profundidad activa (apenas alcanzan la isobata -2), por lo que no son capaces de interrumpir todo el transporte longitudinal. El dique del Puerto de Aiguadolç alcanza una profundidad entorno a los -4 m, por lo que interrumpe una parte significativa del transporte litoral pero no su totalidad, por lo que en eventos más energéticos (temporales) parte del sedimento sí será transportado por delante de dicho dique hacia la bocana.

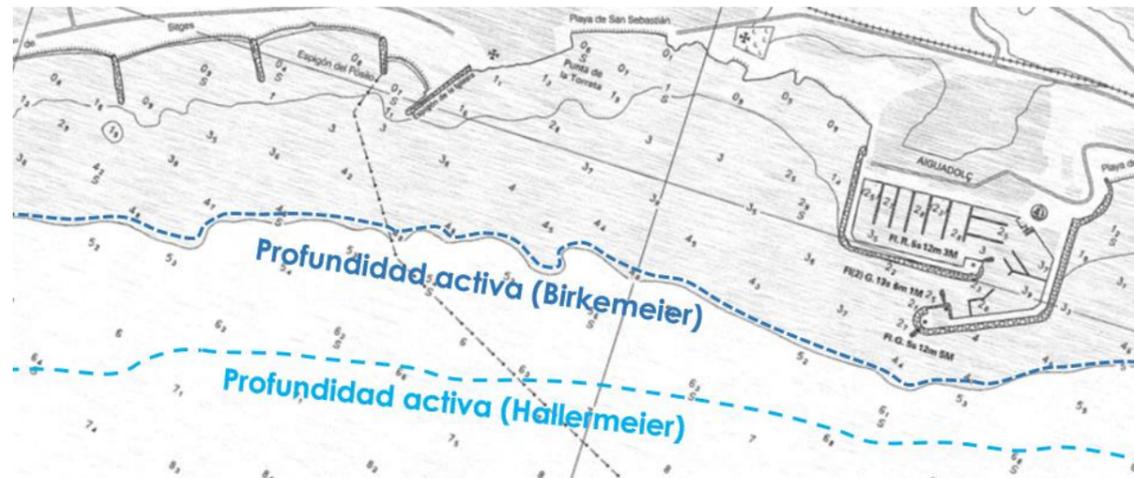


Figura 84.- Localización de la profundidad activa en la zona de estudio (Fuente: elaboración propia)

Asimismo la bocana del puerto de Aiguadolç también se encuentra dentro de la zona litoral, por lo que de manera continua las corrientes longitudinales causadas por el oleaje arrastran el sedimento hacia esa zona causando aterramientos y disminuciones de los calados.

### 3.7.1.2.2 Perfil de equilibrio

#### 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.

#### 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)  $n = 1/2$ , 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  $h = A x^{2/3}$  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:

$A = 0,41 \cdot D_{50}^{0,94}$	si	$D_{50} < 0,4$
$A = 0,23 \cdot D_{50}^{0,32}$	si	$0,4 < D_{50} < 10$
$A = 0,23 \cdot D_{50}^{0,28}$	si	$10 < D_{50} < 40$
$A = 0,46 \cdot D_{50}^{0,11}$	si	$D_{50} > 40$

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  $\rho=2,65 \text{ t/m}^3$ , adoptando las siguientes expresiones:

$w_f \text{ (m/s)} = 1,1 \cdot 10^6 \cdot D \text{ (m)}^2$	$D < 0,1 \text{ mm}$
$w_f \text{ (m/s)} = 273 \cdot D \text{ (m)}^{1,1}$	$0,1 \text{ mm} < D < 1 \text{ mm}$
$w_f \text{ (m/s)} = 4,36 \cdot D \text{ (m)}^{0,5}$	$D > 1 \text{ mm}$

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

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:

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

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

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.

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 a 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.

**Aplicación de los perfiles de equilibrio a la playa existente**

A partir del tamaño medio de grano de los análisis de las muestras granulométricas se han calculado diferentes perfiles de equilibrio: Dean (empleando para el cálculo del parámetro A las expresiones de Dean y de Hanson & Kraus), con estrán lineal (es decir, con modelo de disipación en la zona de rotura), con reflexión y con refracción + difracción. Dichos perfiles teóricos se han comparado con un perfil real representativo de la playa obtenido del levantamiento batimétrico. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 85.- .

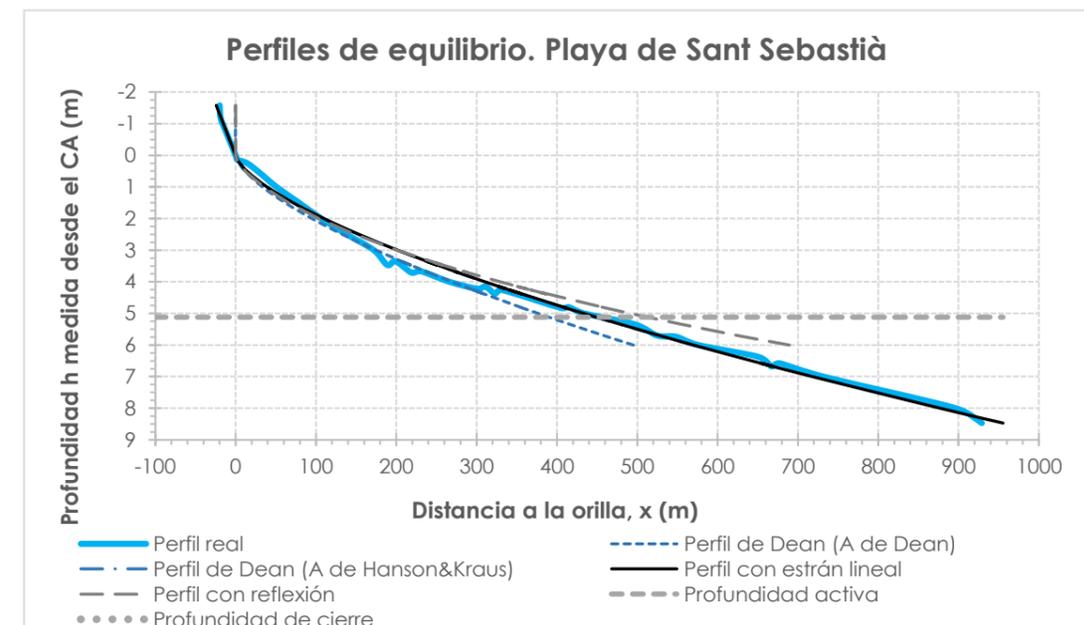


Figura 85.- Perfil medido vs perfiles de equilibrio en la playa de Sant Sebastià (Fuente: elaboración propia)

Puede apreciarse que el ajuste del perfil teórico de estrán lineal (es decir, con modelo de disipación en la zona de rotura) considerando como valor de A el obtenido mediante la fórmula de Hanson & Kraus) es el que mejor ajusta al perfil real en todo el rango de profundidades (desde la berma superior de la playa seca hasta una profundidad de 8 metros, es decir, incluso más allá de la profundidad activa). Solamente en el rango entre los 2 y 4 m de profundidad el perfil real es más cóncavo y se aleja de dicho perfil teórico, acercándose más al perfil de Dean con el valor de A propuesto por Dean

Por todo ello en el diseño de las actuaciones se utilizará el perfil con modelo de disipación en la zona de rotura empleando para el cálculo del parámetro A la expresión de Hanson & Kraus.

### 3.7.2 ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DEL TRANSPORTE LITORAL

#### 3.7.2.1 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  $\pm 3$  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 estabildades.

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, que de todas formas debe ser calibrada correctamente.

En este proyecto se ha determinado la capacidad de transporte del oleaje la combinación de dos de estos procedimientos: el empleo de formulaciones analíticas y el modelado numérico.

#### 3.7.2.2 Cálculo del transporte longitudinal mediante formulaciones

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

$$I_i = (\rho_s - \rho) \cdot g \cdot (1 - n) \cdot Q_i \quad [N/s]$$

donde

- $\rho_s$  es la densidad del sedimento (habitualmente  $2.650 \text{ kg/m}^3$ ).
- $\rho$  es la densidad del agua (habitualmente  $1.025 \text{ kg/m}^3$ )
- $n$  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, cañones submarinos...) no deben poder ralentizar o detener dicho flujo sedimentario.

##### 3.7.2.2.1 Fórmula del CERC

#### 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 a 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

$$I_l = K \cdot P_l \quad [N/s]$$

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

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

donde

- $E_{br}$  es la energía del oleaje evaluada en la zona de rotura:  $E_{br} = \rho \cdot g \cdot H_{br}^2 / 8$ ,
- $\theta_{br}$  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:  $C_{g,br} = (g \cdot d_{br})^{1/2} = (g \cdot H_{br} / \gamma_{br})^{1/2}$

siendo  $\gamma_{br}$  el índice de rotura, es decir, la relación entre la altura de ola<sup>5</sup> en rotura ( $H_{br}$ ) y la profundidad en la zona de rotura ( $d_{br}$ ), es decir,  $\gamma_{br} = H_{br} / d_{br}$ . De acuerdo a Thornton y Guza (1983) para oleaje irregular definido en términos de altura de ola significativa ( $H_s$ ) 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

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

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

$$Q_l = K \cdot \frac{\rho \cdot g^{1/2}}{16 \cdot \gamma_{br}^{1/2} \cdot (\rho_s - \rho) \cdot (1-n)} \cdot H_{br}^{5/2} \cdot \text{sen}(2 \cdot \theta_{br}) \quad [m^3/s]$$

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

<sup>5</sup> Las alturas de ola que se emplean en esta formulación son o bien la altura de ola significativa ( $H_s$ ) o bien la altura de ola media cuadrática ( $H_{rms}$ ).

### 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<sup>6</sup>. A continuación se presentan diferentes formulaciones existentes para determinar su valor.

#### Valor de K de acuerdo al "Shore Protection Manual"

A partir del análisis de diferentes mediciones in situ, el "Shore Protection Manual" (ver Figura 86.-) 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).

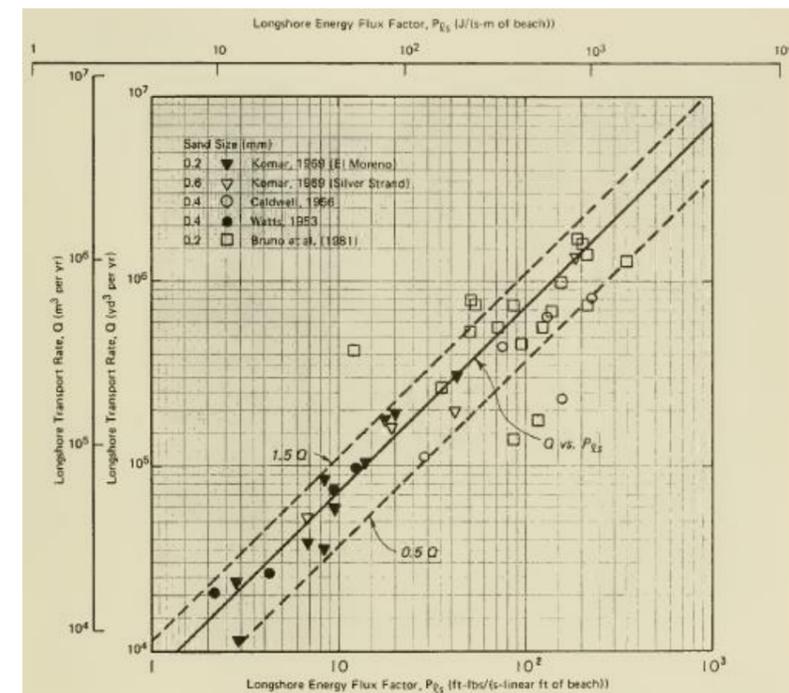


Figura 86.- Relación entre  $I_l$  y  $P_l$  a partir de datos de campo (Fuente: Shore Protection Manual, 1984)

#### 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

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

<sup>6</sup> 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  $H_{rms}$ ).

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 significativa en rotura y  $L_0$  es la longitud de onda en aguas profundas, definida como  $L_0 = g \cdot T^2 / (2 \cdot \pi)$

Según dichos autores se tiene que

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

Variación de K en función del tamaño del sedimento

A partir de resultados de campo (ver Figura 87.- ), 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

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

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

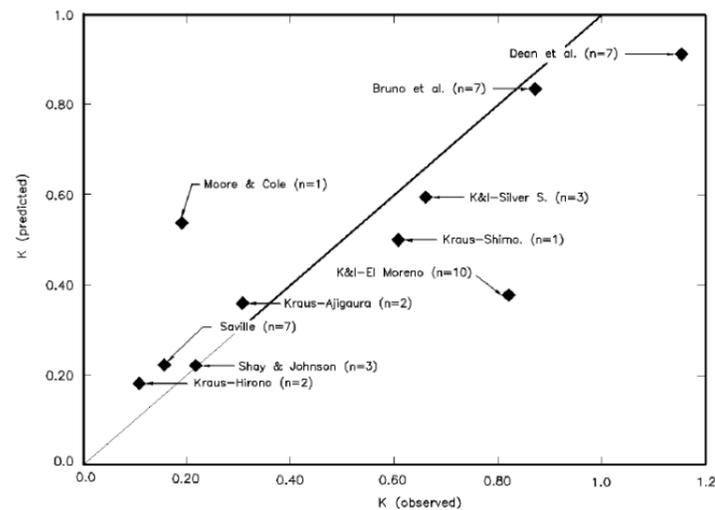


Figura 87.- Calibración del modelo de Bailard para la definición de  $K_s$  (Fuente: Coastal Engineering Manual, 2002)

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 88.- .

Dicha expresión es

$$K_{rms} = 1,4 \cdot \exp(-2,5 \cdot D_{50}) \quad [D_{50} \text{ expresado en mm}]$$

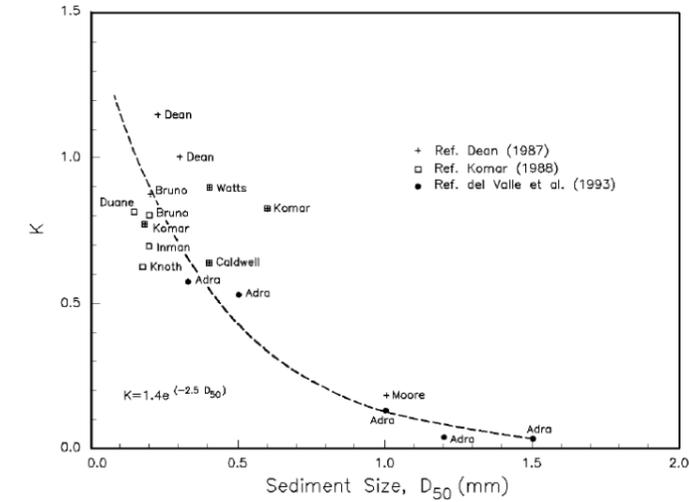


Figura 88.- Calibración del modelo de Del Valle para la definición de  $K_{rms}$  (Fuente: Coastal Engineering Manual, 2002)

3.7.2.2 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,

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

donde  $T_p$  es el período pico del oleaje y el resto de parámetros 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.

3.7.2.2.3 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

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

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  $V_{eff,L} = (V_{wave,L2} \pm V_{tide,L2})^{1/2}$ . 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  $V_{wave,L} = 0,3 \cdot (g \cdot H_{s,br})^{1/2} \cdot \sin(2 \cdot \theta_{br})$ .
  - $V_{tide,L}$  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.

#### 3.7.2.2.4 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 ( $\zeta$ ).
- Límites direccionales del fetch, esto es, el abanico de direcciones de oleaje que pueden llegar a la zona de estudio ( $\alpha_{f,max}$  y  $\alpha_{f,min}$ ).
- Características del sedimento (tamaño medio, densidad y porosidad).
- Pendiente media de la playa a lo largo de toda la zona de rotura.
- Velocidad longitudinal neta de la corriente de marea.
- Frecuencias medias de presentación del oleaje en aguas profundas para diferentes sectores direccionales (definidos a través de su dirección media  $\alpha$ ) e intervalos de  $H_s$ .
- Correlación entre  $H_s$  y  $T_p$ .

Todo ello de acuerdo al criterio de signos mostrado en la Figura 89.-.

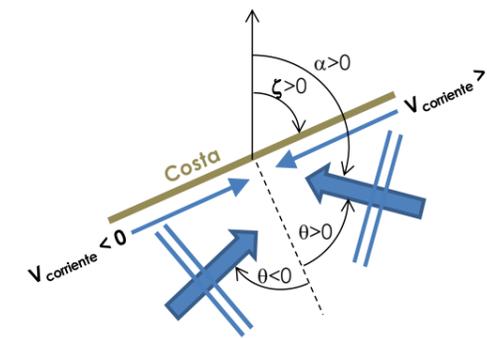


Figura 89.- Criterios de signo del programa LONGTRANS (Fuente: elaboración propia)

El oleaje en alta mar es propagado hacia costa hasta la rotura empleando el programa **REFRAC**, desarrollado por MARCIGLOB.

#### 3.7.2.2.5 Cálculo de la capacidad de transporte longitudinal

##### Resultados de estudios anteriores

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

En la "Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa. Lote nº 1. Demarcación Hidrográfica de Cataluña" se empleó la fórmula del CERC y se obtuvieron los resultados que se muestran en la Figura 90.-.



Figura 90.- Capacidad de transporte en la zona según el documento "Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa" (Fuente: DGSCM)

Por su parte en el "Llibre verd de l'estat de la zona costanera a Catalunya" se empleó la fórmula del CERC y de Kamphuis y se obtuvieron los resultados de la Figura 91.-.

En ambos casos las playas más próximas a la zona de estudio (Sant Sebastià, Fonda y Balmins) no son analizadas y solamente se presenta el resultado para las playas situadas más a poniente, enfrente del núcleo urbano de Sitges, con unos valores de capacidad de transporte que van desde los 25.000 a los 59.000 m³/año.

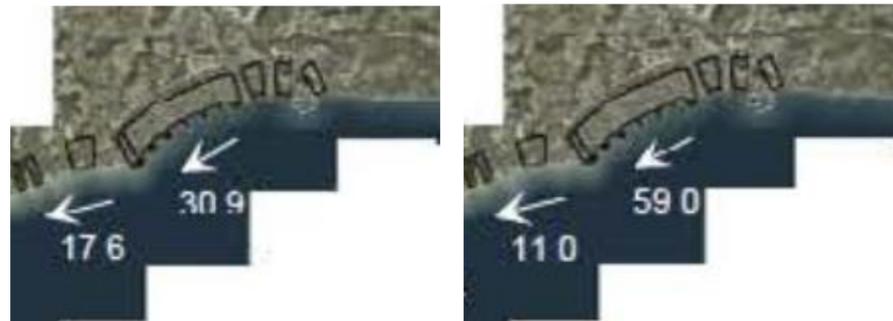


Figura 91.- Capacidad de transporte en la zona según el "Libre verd de l'estat de la zona costanera Catalunya"; Izquierda: fórmula de Kamphuis; derecha: fórmula del CERC (Fuente: CIIRC / Generalitat de Catalunya)

### Resultados obtenidos específicamente para este estudio

Mediante el programa LONGTRANS (ver apartado 3.7.2.2.4) se ha procedido a calcular el transporte potencial en la zona de estudio. En primer lugar se ha procedido a definir los ángulos límites de incidencia del oleaje, que de acuerdo a la Figura 92.- resultan ser  $\alpha_{f,min} = 78,0^\circ N$  y  $\alpha_{f,max} = 249,9^\circ N$ , valores que vienen condicionados por el delta del Llobregat (a levante) y el cabo de Salou (a poniente).

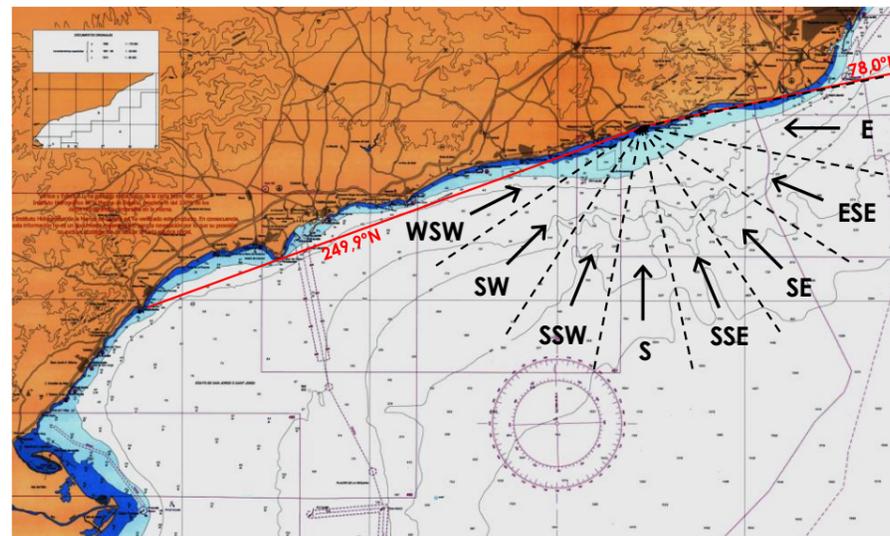


Figura 92.- Límites de incidencia del oleaje en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)

En cuanto a la alineación media de la batimetría,  $\zeta$ , de acuerdo con la Figura 93.- se pueden considerar varios valores según la playa estudiada.

La batimetría junto a la línea de orilla (en la profundidad -1 m) del frente urbano de Sitges presenta una orientación media de  $58^\circ N$  y  $68^\circ N$ , una orientación media de  $75^\circ N$  en la playa de Sant Sebastià y una orientación media de  $100^\circ N$  en la playa de Balmins; en una profundidad de -2 m dichas

orientaciones son  $58^\circ N$ ,  $75^\circ N$ ,  $91^\circ N$  y  $91^\circ N$  mientras que en la profundidad -10 m dichas orientaciones son  $75^\circ N$ ,  $68^\circ N$ ,  $75^\circ N$  y  $75^\circ N$ . Por todo ello como alineaciones medias de estas playas se considerarán sus promedios:  $64^\circ N$ ,  $70^\circ N$ ,  $81^\circ N$  y  $89^\circ N$ .

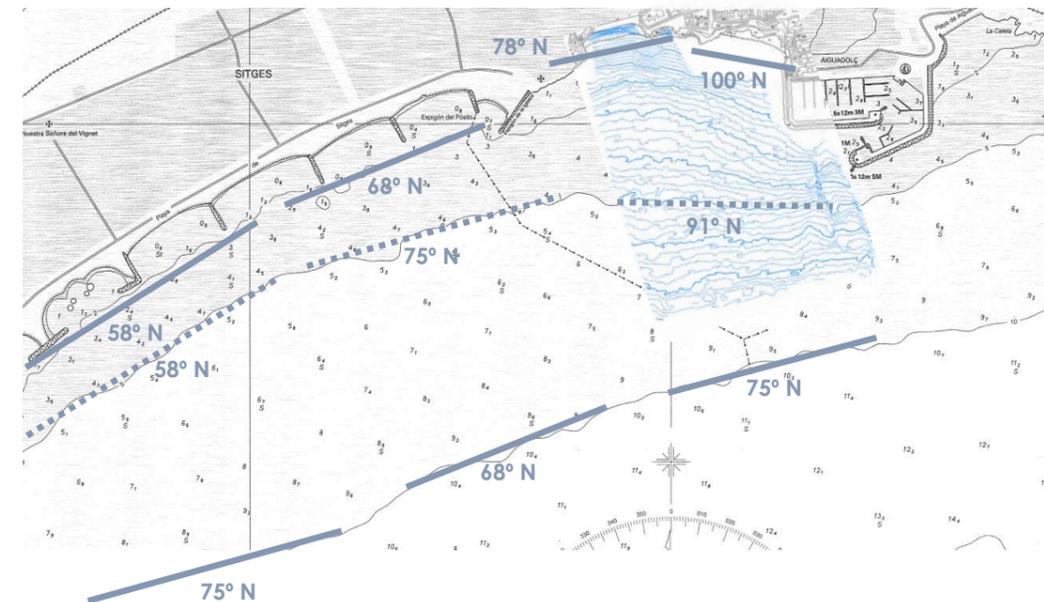


Figura 93.- Alineación media de la batimetría en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)

Para diferentes alineaciones medias de playa alrededor de estos valores se ha efectuado el cálculo de la capacidad de transporte de sedimentos. En la Figura 94.- se muestra la variación de la capacidad de transporte neto de sedimentos en función de la alineación media de la playa para las tres fuentes de datos de oleaje disponibles (boya Barcelona II, punto WANA 2105133 y punto SIMAR 2062049); en particular dicha gráfica representa el promedio de los resultados obtenidos con la formulación del CERC (empleando para el valor de K la formulación de Del Valle et al.), la formulación de Kamphuis y la formulación de Van Rijn, ya que se consideran las tres más idóneas, puesto que tienen en cuenta el tamaño del sedimento. En dicha gráfica el valor positivo indica dirección NE a SW.

Puede apreciarse una gran diferencia en función de la base de datos de oleaje.

- Así en el caso de emplear la boya Barcelona II los transportes netos son siempre en dirección NE – SW y alcanzan los valores más altos y en muchos casos excesivos (por encima de los 100.000 m<sup>3</sup>/año para alineaciones inferiores a los 70° N, que se corresponderían con las playas del centro urbano de Sitges).
- En el otro extremo, el empleo del punto WANA da lugar a transportes netos siempre con dirección SW – NE, lo cual no es coherente con el funcionamiento cualitativo de este tramo de playa ni con los cálculos realizados en otros estudios.
- En el caso de emplear el punto SIMAR en la playa de Sitges se obtienen unos transportes netos entre los 18.000 m<sup>3</sup>/año (alineación 64° N) y los 12.000 m<sup>3</sup>/año (alineación 70° N), en la playa de

Sant Sebastià (alineación 81° N) un valor de 961 m<sup>3</sup>/año y en la playa de Balmins (alineación 89° N) un valor de -2.297 m<sup>3</sup>/año.

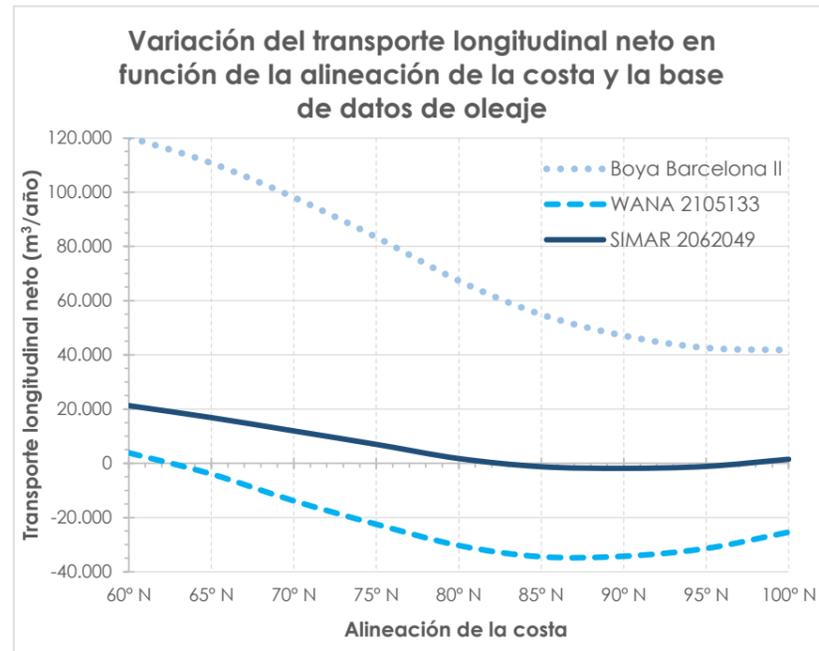


Figura 94.- Variación del transporte longitudinal neto en función de la alineación de la costa y la base de datos de oleaje. El valor positivo indica dirección NE a SW (Fuente: elaboración propia)

La diferencia entre este comportamiento tan diferente radica en la menor frecuencia de oleajes de SSW en el caso de la boya Barcelona II y la mayor frecuencia y mayores alturas en dicha dirección en el caso del punto WANA (tal como se explicó en el Anejo nº 2). De las 3 curvas la obtenida con el punto SIMAR se aproxima mucho a lo que se ha observado desde un punto de vista cualitativo y en otros estudios anteriores: las playas de Balmins y Sant Sebastià están próximas a su equilibrio y las playas de Sitges sufren un transporte longitudinal neto de NW a SE entre los 25.000 y los 59.000 m<sup>3</sup>/año (según otras fuentes). Por consiguiente se considera que en este caso son los datos de oleaje SIMAR los que permiten reproducir más fielmente la dinámica sedimentaria.

En la Figura 95.- se muestran los transportes longitudinales netos y brutos (es decir, sin tener en cuenta la dirección del transporte) en la playa de Sant Sebastià (alineación media de 81° N) para las diferentes formulaciones de cálculo descritas en el apartado 3.7.2.2. También se incluye el promedio de las tres formulaciones que consideran el tamaño del sedimento (CERC con el cálculo de K según la fórmula de Del Valle, Kamphuis y Van Rijn)

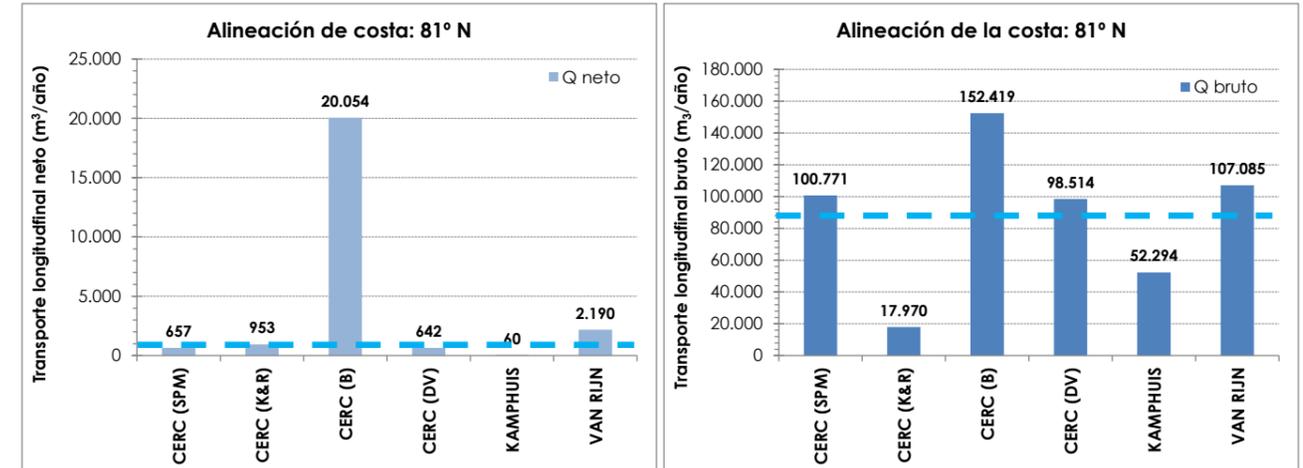


Figura 95.- Capacidad de transporte longitudinal en las playas a levante de la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)

De todos modos se recuerda que estos valores se refieren a capacidad de transporte (o transporte potencial), pero la existencia de espigones transversales en el caso de las playas frente al núcleo urbano de Sitges reduce la movilidad de sedimento, por lo que el valor real del transporte longitudinal será menor. Algo similar sucede con la playa de San Sebastián ya que la parte superior del perfil (hasta la profundidad -1) presenta un obstáculo en su extremo occidental que limita la movilidad de la arena, si bien por debajo de esta profundidad el sedimento sí puede ser arrastrado por las corrientes longitudinales. Por otro lado de la playa de Balmins está controlada por la difracción del oleaje en el Puerto de Aiguadolç, tal como se comprobó en el apartado 3.7.1.1.2, fenómeno no reproducido por el modelo LONGTRANS

En cualquier caso sí existe un transporte longitudinal bruto considerable (con un valor promedio de unos 86.000 m<sup>3</sup>/año en el caso de la playa de Sant Sebastià) que produce movimientos alternativos de la arena hacia levante y hacia poniente (que en promedio se compensan) pero que pueden inducir cambios a corto plazo en la configuración en planta, más significativos cuanto mayor sea la duración de los temporales-

De todos modos, las limitaciones que en este caso presenta la metodología descrita aconsejan analizar el transporte de sedimentos mediante modelado numérico que da lugar a resultados más realistas, lo cual se efectúa en el siguiente apartado.

### 3.7.2.3 Cálculo 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.

### 3.7.2.3.1 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.

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 la playa.

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 (E, ESE, S y SSW) 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 2). 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 0,19 mm (ver apartado).

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 ha aplicado 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<sup>2</sup>/s. Para la aplicación del modelo, las ecuaciones se resuelven mediante un método de diferencias finitas sobre una malla rectangular.

### 3.7.2.3.2 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 del Anejo nº 4 del Proyecto.

En la playa de Sant Sebastià en condiciones medias (oleaje morfológico), tan solo los oleajes del SSW parecen tener capacidad potencial para generar un transporte longitudinal, en este caso hacia levante. Para el resto de casos, las magnitudes del transporte son muy reducidas, detectándose en el caso del oleaje del Sur, una corriente de retorno (ver Figura 96.- ).

En las playas del frente urbano de Sitges se detectan unos transportes de sedimentos para los 4 oleajes (en dirección hacia poniente para el E y ESE y hacia levante para el S y SSW).

Analizando los resultados de los casos correspondientes a la  $H_{s12}$  (temporales de carácter anual) se aprecia una tendencia a transportar el sedimento hacia poniente en los casos de E y ESE (ver Figura 97.- ).

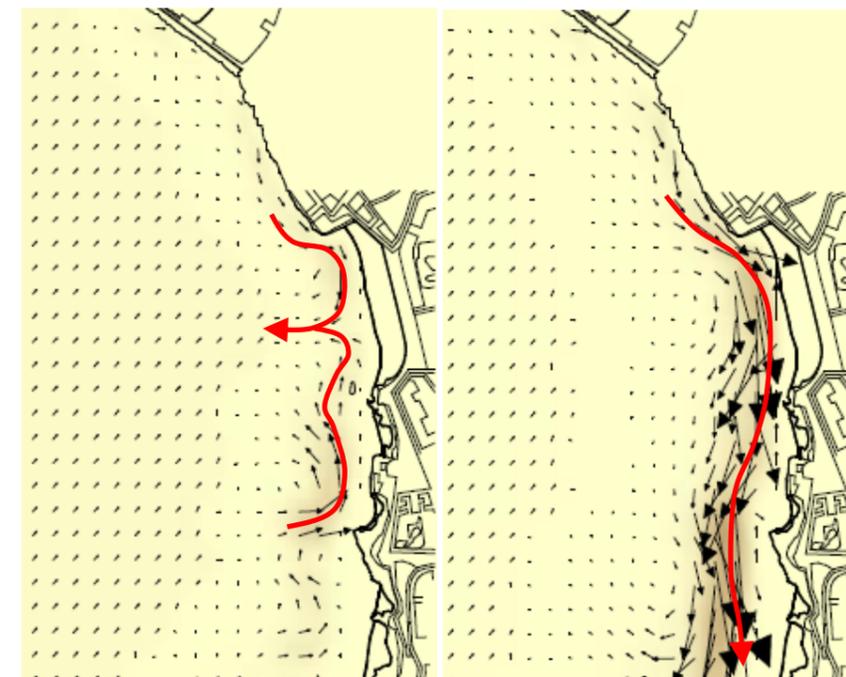


Figura 96.- Patrones de transporte para el oleaje morfológico del S (izquierda) y SSW (derecha) (Fuente: elaboración propia)

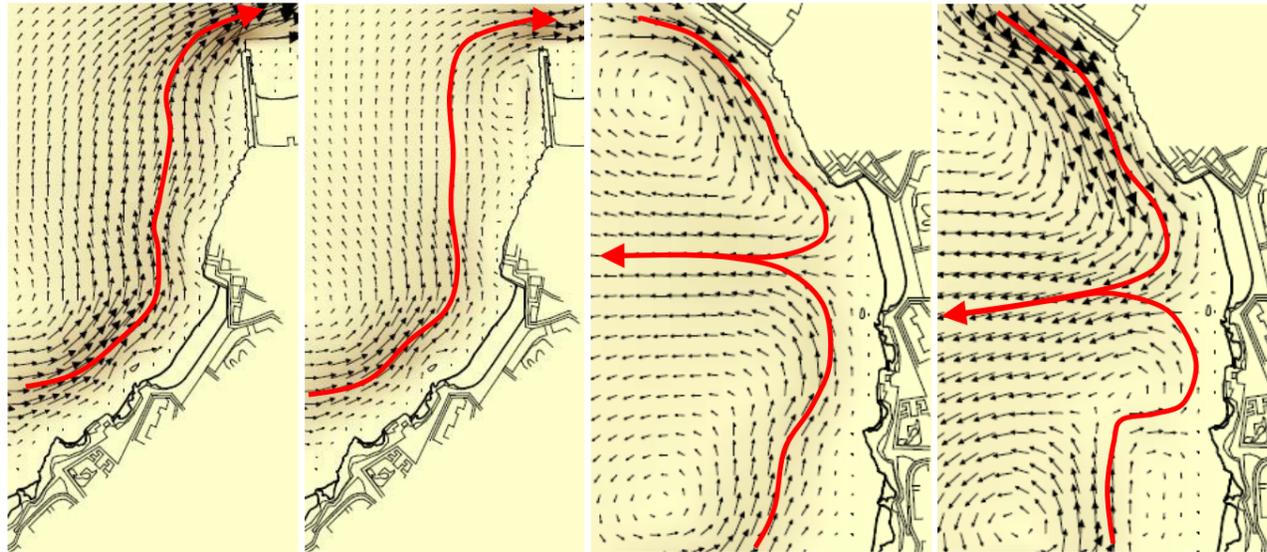


Figura 97.- Patrones de transporte para el oleaje  $H_{s12}$ . De izquierda a derecha: E, ESE, S y SSW (Fuente: elaboración propia)

En cuanto a los oleajes del S y SSW, muestran una tendencia de pérdida de arena hacia el fondo por el tramo central de la playa de Sant Sebastià (transporte transversal), consecuencia del patrón de corrientes analizado en el estudio de propagación (ver Anejo nº 3), donde la coexistencia o el encuentro de bucles circulatorios de sentido contrario generaba corrientes de retorno en esta zona. En el caso del oleaje del S el transporte longitudinal neto es nulo (pues se compensan las direcciones en el centro de la playa) mientras que en el caso del SSW se aprecia una componente del transporte longitudinal neto hacia levante ya que la corriente de retorno en la que confluyen los transportes longitudinales de direcciones opuestas no está centrada en la playa de Sant Sebastià.

Se ha realizado la integración espacial del campo de transporte de sedimentos (que presenta unidades de  $m^3/h/m$ ) a lo largo de un perfil transversal situado en el centro de la playa de Sant Sebastià, con objeto de poder calcular el transporte longitudinal neto y bruto en esta playa. Cada uno de los valores obtenidos para los 8 escenarios de oleaje analizados ha sido ponderados por su frecuencia anual de presentación (en términos de h/año). Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 26.- Resultados de transporte de sedimentos obtenidos con el programa EROS (Fuente: elaboración propia)

Oleaje	Transporte neto	Transporte bruto
Morfológico	1.412 $m^3/año$ (dirección W – E)	1.465 $m^3/año$
Excedido 12 h/año ( $H_{s12}$ )	176 $m^3/año$ (dirección E – W)	912 $m^3/año$

De los oleajes analizados, el que proviene de la dirección SSW es el que tiene una capacidad potencial mayor de transporte seguido del oleaje del E. Es evidente que para situaciones de temporal (que podríamos identificar con la  $H_{s12}$  calculada), las tasas de transporte se incrementan notablemente, aunque obviamente de manera menos prolongada en el tiempo.

### 3.7.2.4 Comentarios respecto al transporte de sedimentos

#### 3.7.2.4.1 Transporte longitudinal

El cálculo teórico del transporte longitudinal a partir de formulaciones (CERC, Kamphuis, Van Rijn...) tiene unas limitaciones importantes y se trata de un transporte siempre potencial sin tener en consideración las condiciones locales tanto de la batimetría como de la línea de costa. Por otro lado el modelo numérico 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. De todos modos en este caso ambos métodos describen bien la situación del transporte en la zona de manera cualitativa ya que arrojan resultados similares. Así por ejemplo el programa LONGTRANS también reproduce el hecho que para alturas de ola pequeñas el transporte neto tenga dirección W-E (valores negativos en la Figura 98.-) y para alturas mayores dirección E-W (valores positivos en la Figura 98.-), tal como sucede en las modelaciones con el oleaje morfológico ( $H_{s,0} = 0,75$  a 1,00 m) y el asociado a 12 h/año ( $H_{s,0} = 2,61$  a 3,88 m).

No obstante la existencia de obstáculos naturales al transporte litoral (como el Puerto de Aiguadolç y los espigones de las playas de Sitges) modifica substancialmente el patrón de transporte de sedimentos respecto al de una playa rectilínea, por lo que el empleo de formulaciones analíticas conduce a valores menos realistas y más elevados.

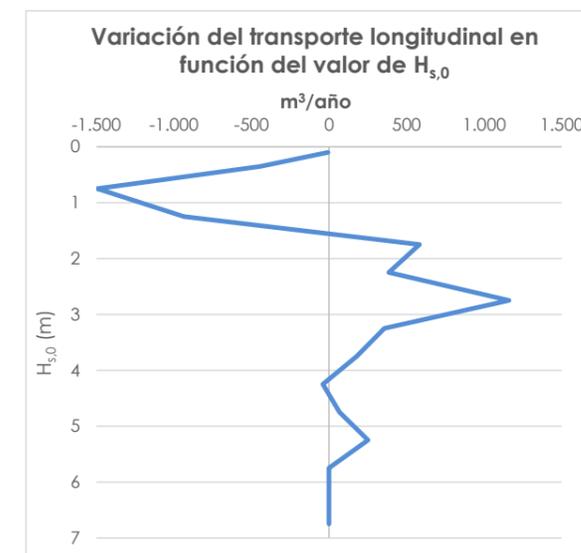


Figura 98.- Variación del transporte longitudinal (fórmula de Kamphuis) en función de valor de  $H_{s,0}$  (Fuente: elaboración propia)

En cuanto al alcance espacial de este transporte longitudinal, en la Figura 99.- se compara el campo vectorial de transporte obtenido con los oleajes asociados a  $H_{s12}$  y la profundidad activa (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 3.7.1.2.1). Puede comprobarse que en general los vectores

de transporte se encuentran mayoritariamente dentro de la zona denominada 'litoral' (definida entre la línea de costa y la profundidad activa), salvo en el morro del dique del Puerto de Aiguadolç para el oleaje del E (en el que el efecto "chorro" o "jet" empuja parte del sedimento a profundidades algo mayores (aproximadamente la -6 m) y en la zona delante del puerto para el oleaje del SSW (en el que se produce un célula de circulación que aleja el sedimento de esta zona litoral, si bien posteriormente vuelve a penetrar en ella).

### 3.7.2.4.2 Transporte transversal

Al tratarse de un modelo integral, EROS permite obtener no solamente el transporte longitudinal sino también el transversal, que en este caso es muy significativo para los casos con  $H_{s12}$ . Se ha efectuado el cálculo del transporte de sedimentos a través de un perfil virtual situado frente a la playa de Sant Sebastià sobre la profundidad activa mediante la integración espacial del campo vectorial obtenido de la modelación numérica. El resultado muestra un transporte transversal en sentido *off-shore*:

$$Q_{transv} = 1.100 \text{ m}^3$$

Para oleajes más intensos que los correspondientes a  $H_{s12}$  el transporte transversal será mayor.

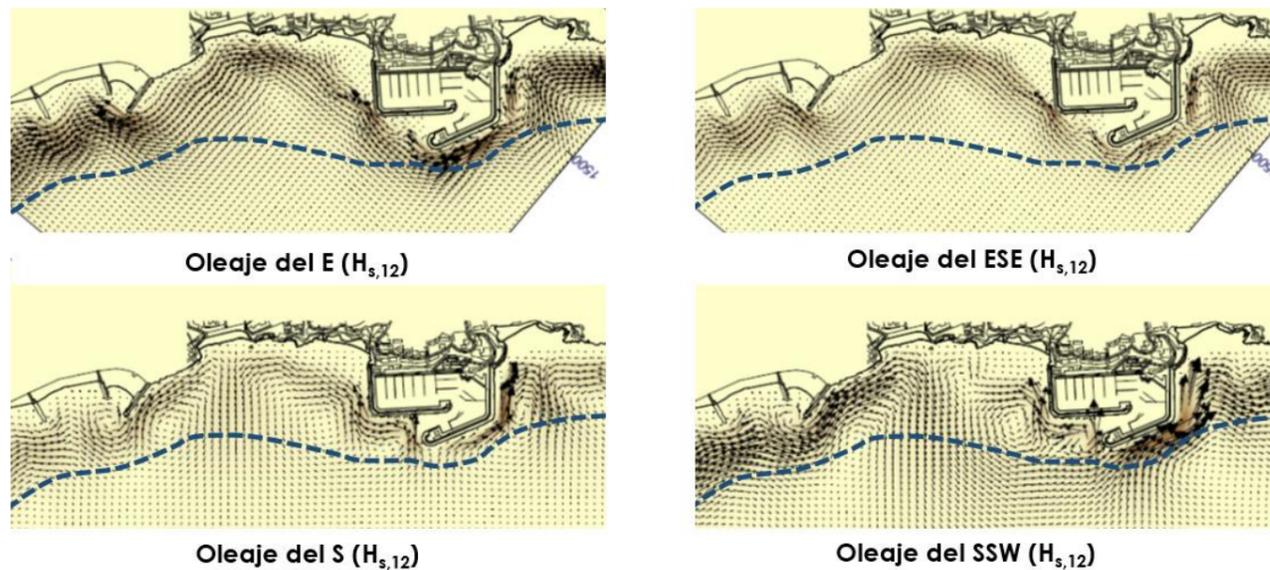


Figura 99.- Comparación de la profundidad activa (línea discontinua) con el patrón de transporte de sedimentos asociado al oleaje con una excedencia de 12 h/año (Fuente: elaboración propia)

## 3.7.3 BALANCE SEDIMENTARIO Y EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA

### 3.7.3.1 Balance sedimentario

En el apartado 3.7.2.3.2 se apreció que la única dirección del oleaje morfológico que moviliza una cantidad apreciable de sedimento es el SSW (ver Figura 96.- derecha) para el cual además se aprecia

una gradiente importante del transporte longitudinal a lo largo de la playa de Sant Sebastià. Por todo ello en la Figura 100.- se muestra el patrón de transporte sedimentos en las proximidades de la playa así como la celda de control (con línea discontinua) en la que se ha calculado el balance sedimentario, obtenido como suma de los transportes totales que se producen a través de los cuatro contornos que delimitan dicha celda: 1) el perpendicular a la costa por el extremo de levante, 2) el paralelo a la playa en la profundidad activa (-4,5 m), 3) el perpendicular a la costa por el extremo de poniente y 4) el límite lado tierra de la playa (paseo) en el que se considerará un transporte nulo. En dicha figura las líneas rojas representan la magnitud del transporte de sedimentos perpendicular a los contornos laterales (1 y 3).

El criterio de signos para el cálculo del balance de sedimentos es positivo para los transportes que aporten arena a la celda de control y negativo en caso contrario. Por consiguiente se tiene que

$$\text{Balance sedimentario} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_{entrante} - Q_{saliente}$$

El resultado numérico obtenido resulta ser el de una pérdida neta de **625 m<sup>3</sup>/año**.

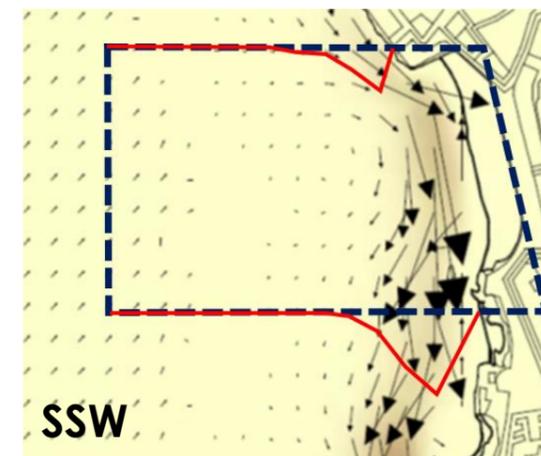


Figura 100.- Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià para el oleaje morfológico del SSW (Fuente: elaboración propia)

No obstante, tal como se ha comentado en el apartado 3.7.2.3 una fracción importante del transporte de sedimentos se produce en eventos energéticos (temporales) y especialmente el transporte transversal. Por ello se ha calculado el balance de sedimentos de los 4 temporales estudiados (con una excedencia media de 12 h/año y que aproximadamente se corresponden a los oleajes asociados al período de retorno de 1 año) para las direcciones E, ESE, S y SSW. En la Figura 101.- se muestra el patrón de transporte sedimentos en las proximidades de la playa así como la celda de control (con línea discontinua) en la que se ha calculado el balance sedimentario.

En dicha figura las líneas rojas representan la magnitud del transporte de sedimentos perpendicular a los contornos laterales (1 y 3) y las líneas verdes la magnitud del transporte de sedimentos perpendicular al contorno situado sobre la profundidad activa (2).

El resultado numérico obtenido en el cálculo del balance sedimentario para cada caso se muestra en la Tabla 27.-. Se recuerda que se balancea corresponde a los temporales con  $H_{s,12}$  y que la capacidad de transporte de sedimentos es aproximadamente proporcional a  $H^{2.5}$ , de manera que, por ejemplo, temporales con una altura un 50 % superior implicarían unos transportes y unos balances sedimentarios un 175% superiores a los de dicha tabla.

Tabla 27.- Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià para los temporales asociados a  $H_{s,12}$  (Fuente: elaboración propia)

Dirección del oleaje $H_{s,12}$	E	ESE	S	SSW
Balance sedimentario	-39,7 m <sup>3</sup> /h	-29,0 m <sup>3</sup> /h	+35,0 m <sup>3</sup> /h	+46,1 m <sup>3</sup> /h

Puede comprobarse que en función de la dirección del oleaje el balance es negativo (es decir, con una pérdida neta de sedimento de la playa emergida y sumergida) o positivo (es decir, con una ganancia neta de sedimento). En función de la frecuencia de presentación de unos u otros temporales en un determinado año el comportamiento de la playa será, por tanto, erosivo o acumulativo. Esto es coherente con la evolución que se ha venido observando en la línea de orilla de la playa, tal como se comenta en el apartado 3.7.3.2.

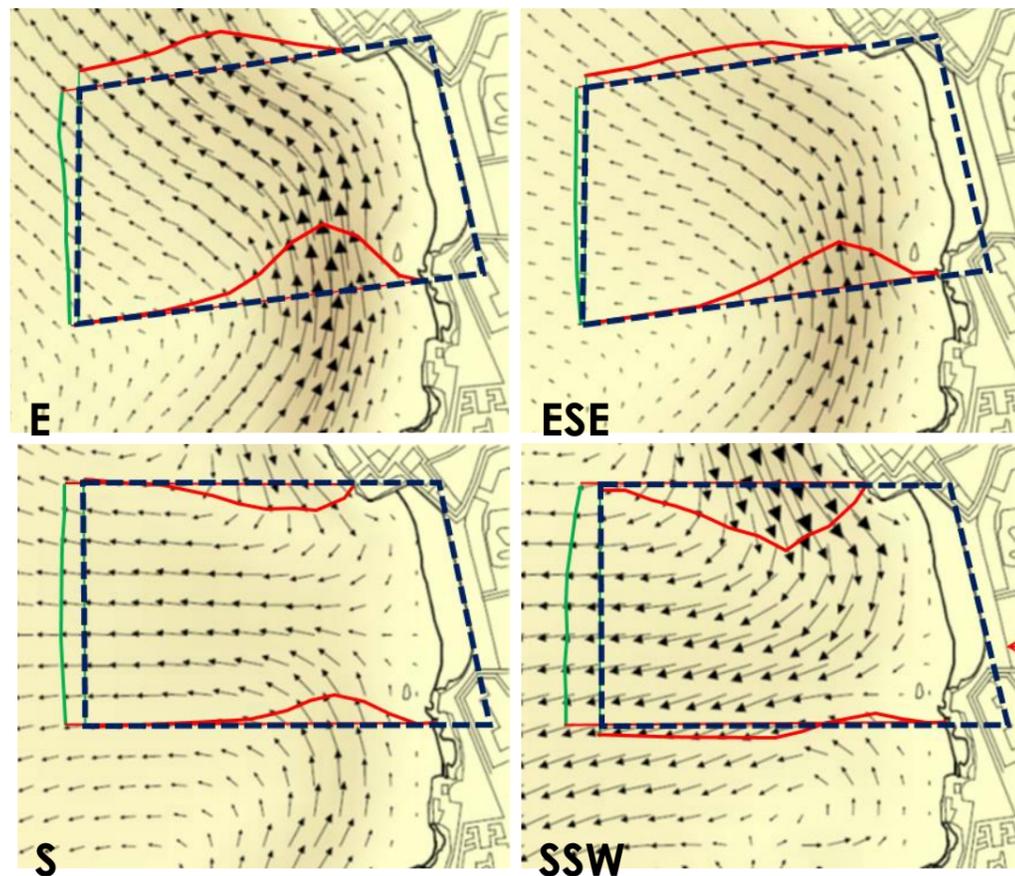


Figura 101.- Balance sedimentario en la celda representativa de la playa de Sant Sebastià (Fuente: elab. propia)

En la Figura 102.- se muestran gráficamente los resultados obtenidos y puede apreciarse que a través del contorno de levante prácticamente siempre entra arena en la celda (salvo para el oleaje del SSW, en el que sale una pequeña cantidad, 16,8 m<sup>3</sup>/h); a través del contorno situado a la -4,5 m siempre sale sedimento de la celda, mientras que el comportamiento a través del contorno de poniente depende de la dirección del oleaje: entra sedimento en la celda para el S y SSW y sale para el E y ENE. Se vuelve a insistir que los números de dicha gráfica corresponde a oleajes con altura de ola  $H_{s,12}$ , y que para temporales más intensos los valores de sedimento movilizado también lo serán en una proporción de  $H^{2.5}$ .

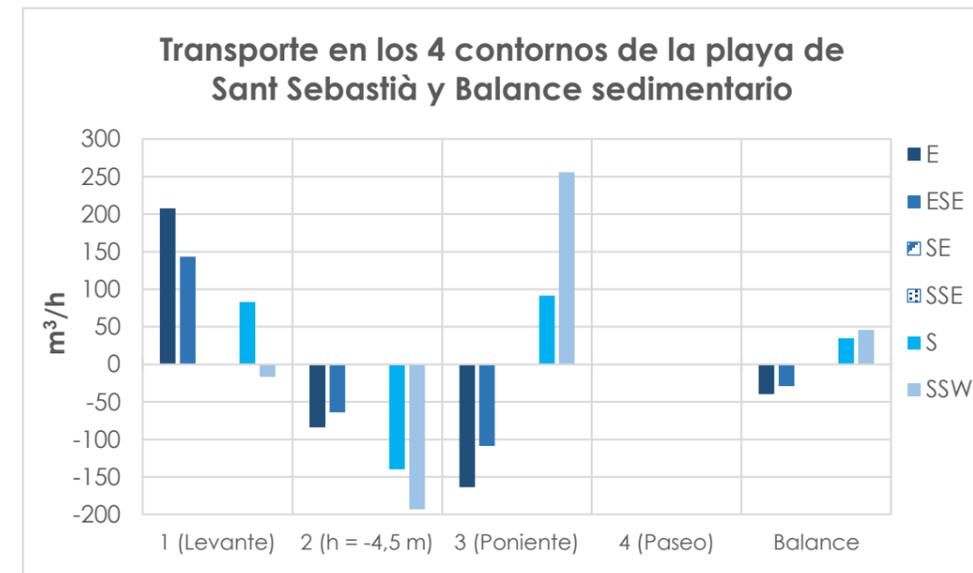


Figura 102.- Transporte en los 4 contornos de la celda representativa de la playa de Sant Sebastià y balance sedimentario para los temporales asociados a  $H_{s,12}$  (Fuente: elaboración propia)

### 3.7.3.2 Evolución de la línea de costa

#### 3.7.3.2.1 Evolución histórica

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).

Por desgracia en el tramo entre el puerto de Vilanova i la Geltrú y Port Ginesta estas restituciones no están disponibles, por lo que no pueden ser empleadas para analizar la evolución histórica de la línea de costa. No obstante se disponen de restituciones de los años 2003 y 2005 realizadas por el Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC). Asimismo el "Llibre verd de l'estat de la zona costanera a Catalunya", presenta restituciones de la línea de costa de febrero de 1995, septiembre de 2000 y junio de 2004 (ver Figura 103.-).

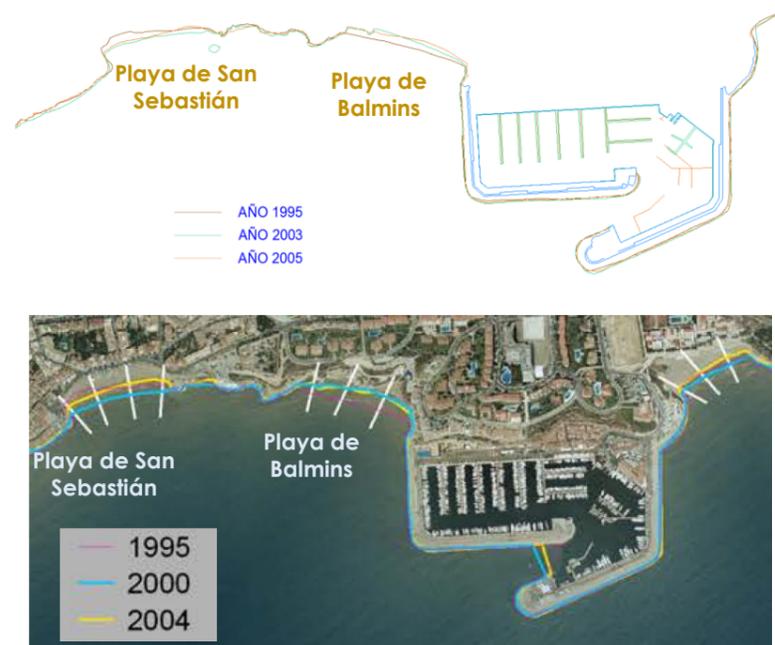


Figura 103.- Evolución histórica de la línea de costa desde 1995 (Fuente: CEDEX + ICC; CIIRC / Generalitat de Catalunya)

En la Figura 104.- se han representado las 5 líneas de costa disponibles (años 1995, 2000, 2003, 2004 y 2005). No existe definición suficiente para definir la evolución de la playa de San Sebastián pero sí pueden extraerse conclusiones de las playas contiguas.

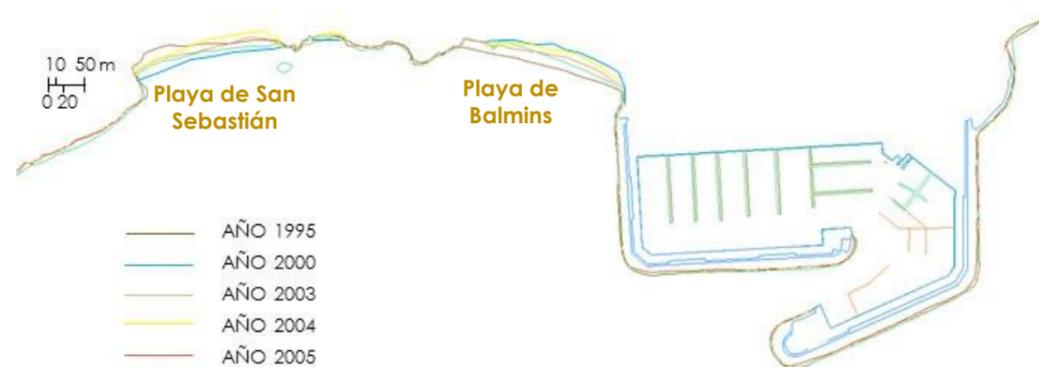


Figura 104.- Evolución histórica de la línea de costa desde 1995 (Fuente: Elaboración propia)

Se aprecia que en el año 1995 la línea de costa presentaba una posición bastante retrasada (en la mitad occidental es la posición más retrasada de todas las disponibles) y una orientación sensiblemente diferente a la del resto de años. En el año 2000 la playa presentaba su posición más

avanzada, que retrocedió en 2003 de un modo sensiblemente paralelo, siguió retrocediendo hasta el año 2004 (alcanzando en la mitad oriental la posición más retrasada de todas las disponibles) y en 2005 la línea de costa volvió a avanzar. Este basculamiento ha afectado en general a toda la longitud de playa y ha alcanzado en el peor de los casos (de 1995 a 2000) un valor de unos +30 m (en este caso retroceso).

Por tanto, se observan unos procesos de erosión / acumulación considerables pese a que, tal como se vio en el apartado 3.7.1.1, la playa está en una situación de equilibrio dinámico en planta.

Este proceso de concatenación de situaciones de regresión y de acreción se ha registrado históricamente en la playa de San Sebastián, como puede comprobarse en las fotografías históricas nº 15 a nº 30 mostradas en el Anejo nº 5. En la Figura 105.- se muestra una superposición de las líneas de orilla de la playa de San Sebastián obtenidas de dichas fotografías históricas en el período 1905 – 2015. Pese a su carácter altamente cualitativo (ya que las fotografías no fueron tomadas desde la misma posición, si bien sí desde ubicaciones próximas, ni en la misma época del año) queda patente el alto carácter fluctuante de la línea de orilla de la playa con considerables avances (como por ejemplo en 1955) y retrocesos (p.e. en 1951, solamente 4 años antes) o como por ejemplo en las dos fotografías del año 1913 en la que las diferencias son notables.



Figura 105.- Superposición aproximada de líneas de orilla de la playa de San Sebastián a partir de fotografías históricas (Fuente: elaboración propia)

Como se comentó en el apartado 3.7.3.1 estas oscilaciones no son explicables solamente por el transporte longitudinal sino que también debe tenerse en cuenta el transporte transversal, que se caracteriza por una movilización de la arena hacia zonas sumergida más o menos profundas (en

muchas ocasiones generando una barra) durante el ataque de los temporales de invierno, provocando el consiguiente retroceso de la línea de costa; posteriormente durante primavera y verano parte de esa arena puede ser nuevo transportada hacia la playa seca lo que permite recuperar parcialmente la posición de la línea de costa.

No obstante, el balance neto de este proceso suele ser negativo, tal como sucede en este caso, por un doble motivo: i) durante los temporales más energéticos parte de la arena es transportada a grandes profundidades y ya no puede ser recuperada por la dinámica transversal y ii) parte de la arena que durante los temporales hibernales es transportada al perfil sumergido dentro de la zona litoral (es decir, a profundidades menores que la activa) es arrastrada por las corrientes longitudinales ya que no existe ningún obstáculo que lo impida y esta arena no puede ser reemplazada en su totalidad (puesto que en esta zona no existe ninguna fuente de sedimento, y la construcción del puerto de Aiguadolç provocó una reducción del transporte de arena procedente de levante, tal como se comentó anteriormente), de modo que se produce un déficit de arena para ser transportada hacia la playa durante la primavera y verano. Por consiguiente una parte importante de la arena se pierde del sistema morfológico, de manera que las playas acaban teniendo una componente neta regresiva en dirección transversal.

Dado que la componente transversal del transporte resulta deficitaria en todos los casos, la ganancia/pérdida de arena será consecuencia del transporte longitudinal. Tal como se mostró en la Tabla 27.- los oleajes del E y ESE provocan una pérdida neta de sedimento y los oleajes de S y SSW una ganancia neta.

Nótese que antes de la construcción del Puerto de Aiguadolç la playa de San Sebastián recuperó una gran achura (p.e. años 1955, 1913[2] ó 1920) en comparación con períodos más erosivos anteriores (p.e. años 1951, 1911 ó 1913[1]). Tras su construcción esta recuperación natural ha sido mucho menor (como se ha visto en la Figura 104.- ). Como se explica más adelante, esta recuperación de la playa tiene que ver con el hecho que el patrón de transporte ha variado tras la construcción del puerto y a la disponibilidad de arena para ser movilizada, que tras la construcción del puerto ha disminuido, pues prácticamente alcanza la profundidad activa y por tanto su dique de abrigo retiene una parte considerable del sedimento (como se comprueba en la Figura 99.- ).

Si se analiza el resto de playas próximas (las situadas frente al núcleo urbano de Sitges, ver Figura 106.- ) se observa también unas tasas erosivas importantes, pese a que se podría pensar que todas ellas deberían ser unas playas bastante estables como consecuencia de la existencia de espigones artificiales que reducen el transporte longitudinal, además de condicionar su forma en planta.

Ello es debido a que durante los episodios más energéticos (p.e. los oleajes H<sub>s12</sub>) el flujo sedimentario supera claramente estos espigones (como puede verse en la Figura 99.- ) de manera que el balance total longitudinal acaba siendo negativo y por tanto provoca la pérdida neta de arena.

La Figura 107.- muestra un esquema del comportamiento del movimiento de sedimento en esta zona.



Figura 106.- Tasas de evolución histórica de la línea de costa en m/año (Fuente: CIIRC / Generalitat de Catalunya)

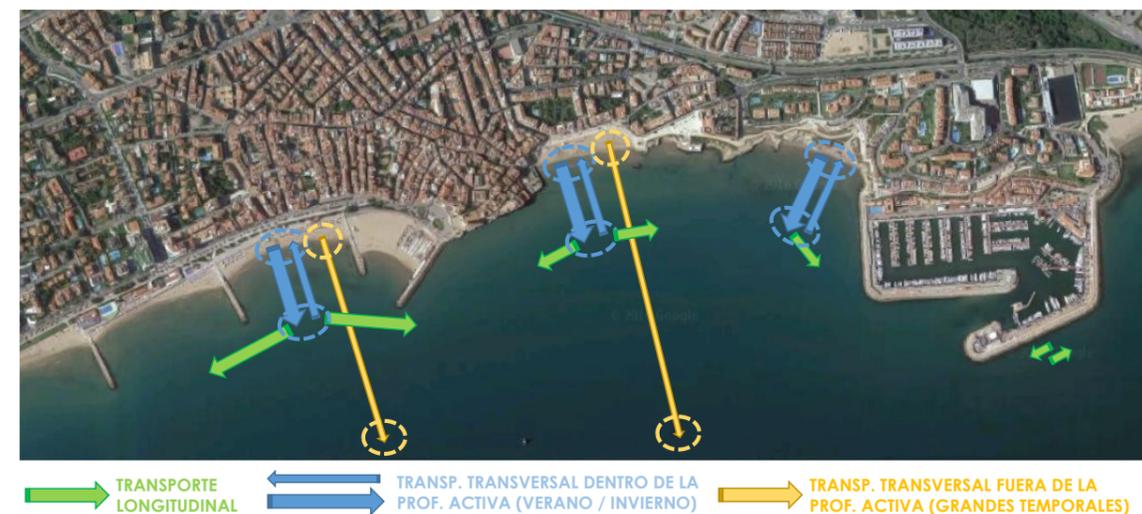


Figura 107.- Representación esquemática del movimiento de sedimento en la zona (Fuente: elaboración propia)

### 3.7.3.2.2 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, la playa de Sant Sebastià serán dinámicamente estable, con algunas fluctuaciones asociadas a los oleajes con diferentes direcciones (los procedentes del este tenderán a movilizar la arena hacia poniente y los procedentes del oeste la movilizarán hacia levante). No obstante existe un transporte longitudinal por delante de la playa que en función del oleaje tiene una componente E- W o viceversa.

- En cuanto al comportamiento transversal, los temporales hivernales 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 la playa, por lo que no podrá reincorporarse a la dinámica transversal y volver a la playa seca o al estrán, y la fracción de sedimento movilizad hasta mayores profundidades por los temporales más intensos tampoco podrá ser movilizad por la dinámica transversal y se quedará en esas profundidades mayores, de modo que el balance neto será de pérdida de arena, que se traducirá en una regresión de la línea de costa y disminución de la superficie de playa seca.
- El balance total de transporte longitudinal y transversal conduce a que en algunas situaciones la playa recupere arena y en otras pierda arena.

### 3.8 COMUNIDADES NATURALES

#### 3.8.1 COMUNIDADES PLANCTÓNICAS

El fitoplancton está compuesto por las especies de algas microscópicas y constituye la puerta de entrada de energía solar en el ecosistema pelágico, además de ser la base de su mantenimiento por la constante transferencia de energía hacia otros niveles tróficos (bentos, por ejemplo). En relación a la producción, que también será comentada en este capítulo, los factores que la limitan suelen ser los elementos nutritivos y la luz. En cuanto a la composición específica, en total hay identificadas del orden de unas 500 especies pertenecientes a los grupos Flagelados, Dinoflagelados, Diatomeas, Silicoflagelados, Cianofíceas y Cocolitoforales.

Los parámetros definidores del fitoplancton (biomasa y producción) presentan variabilidad anuales relacionadas con la disponibilidad de nutrientes. En invierno existe una fase de descanso, con valores bajos de producción que da paso en primavera a la época más productiva. En verano desciende el número de células, la clorofila y la producción hasta entrar en invierno, con un segundo máximo relativo.

Finalmente, y en relación al ciclo anual, éste responde a las características estacionales ya comentadas para la calidad del agua. En otoño, en un momento dado, se produce la rotura de la termoclina, el agua se mezcla verticalmente y debido fundamentalmente al aporte de nutrientes (nitratos y fosfatos) tiene lugar una proliferación de diatomeas. Hacia el mes de enero se produce una interrupción en el aumento de fitoplancton.

La principal proliferación de fitoplancton en el ciclo anual tiene lugar entre mediados de febrero y mediados de marzo y, en general, aparece relacionada con la presencia de un afloramiento propiciado, según parece, por la acción del viento y la intercalación de aguas frías en profundidad. Al avanzar la estación, tiene lugar una discontinuidad hidrográfica y el plancton se hace súbitamente muy pobre. En los meses de abril y mayo la composición florística mayoritaria corresponde a las Diatomeas y a continuación la estratificación estival, marcada por intensos gradientes y un

empobrecimiento casi absoluto en nutrientes de las aguas superficiales, con predominio en este caso de Dinoflagelados.

El zooplancton tiene a su cargo, como primer nivel de consumidores el concentrar la materia y la energía producidas por el fitoplancton que, debido a sus reducidas dimensiones y a su dispersión en el medio, requeriría un consumo de energía desproporcionado a su valor nutritivo si tuviese que ser explotado por los peces directamente. El grupo más abundante es el de los Copépodos. Desde el punto de vista del funcionamiento de la red trófica, herbívoros y omnívoros componen entre el 70 y 95% de los grupos, en función de la época del año.

#### 3.8.2 COMUNIDADES BENTÓNICAS

La cartografía bionómica se ha obtenido haciendo uso de las diferentes metodologías aplicadas, que en resumen, ha consistido en la integración de 4 fuentes principales de información: los resultados de la prospección de sónar de barrido lateral, el registro videográfico, el muestreo directo sobre los poblamientos bentónicos, y la consulta de otras cartografías procedentes de fuentes bibliográficas de la zona.

Para establecer la nomenclatura de los hábitats marinos, se ha seguido la clasificación jerárquica del "Inventario Español de Hábitats y Especies marinos (IEHEM)". El Inventario se constituye como el instrumento para recoger la distribución, abundancia, estado de conservación y la utilización de patrimonio natural, con especial atención a los elementos que precisen medidas específicas de conservación o hayan sido declarados de interés comunitario.

Tal y como prevé la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, el Inventario Español de Hábitats y Especies Marinos forma parte de otro global denominado Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, regulado a través del Real Decreto 556/2011, de 20 de abril, para el desarrollo del Inventario español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

Se han identificado un total de 2 hábitats:

##### Piso Infralitoral y circalitoral sedimentarios (0304):

Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales (030402)

Arenas finas infralitorales bien calibradas (03040220)

##### Praderas de fanerógamas (0305):

Praderas mediterráneas de *Cymodocea nodosa* de zonas abiertas profundas, sobre arenas (030509)

En la tabla siguiente se enumeran los hábitats marinos identificados y el rango batimétrico del área de estudio en el que se localizan.

Tabla 28.- Inventario español de hábitats marinos

Inventario Español de hábitats marinos		
Código Hábitat	Descripción	Rango batimétrico
PISOS INFRALITORAL Y CIRCALITORAL SEDIMENTARIOS (0304)		
03040220	Arenas finas infralitorales bien calibradas.	0-8 m
030509	Praderas mediterráneas de <i>Cymodocea nodosa</i> de zonas abiertas profundas, sobre arenas	4-8 m
Fuente: Guía interpretativa del Inventario Español de Hábitats Marinos <a href="http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/GUIA_INTERP_HABITATS_WEB_tcm7-270736.pdf">http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/GUIA_INTERP_HABITATS_WEB_tcm7-270736.pdf</a>		

### 3.8.2.1 Hábitats de arenas y arenas fangosas infralitorales (030402)

Las arenas finas superficiales sometidas a la acción del oleaje, aparecen en un primer nivel batimétrico -franja de los 3 o 4 primeros metros de profundidad. En este tipo de fondos no existen macrófitos y las especies dominantes son principalmente moluscos bivalvos de las familias *Veneridae*, *Donacidae* y *Tellinidae*.

En cotas superiores, en muchas zonas de la plataforma continental, sobre los fondos sedimentarios, se acumulan diversas cantidades de materiales detríticos, principalmente calcáreos de origen orgánico. Este hábitat es una biocenosis formada por varios elementos: arenas, elementos de origen biogénico como los restos de caparzones de equinodermos y crustáceos, conchas, y briozoos entre otros.

Se forman así unos sedimentos mixtos que se extienden hasta profundidades de 100 m y en adelante.

#### Distribución en el ámbito de estudio

Este hábitat se encuentra representado desde los 0 m de profundidad hasta el límite profundo del ámbito, que se sitúa en torno a los 8 m de profundidad.

Entre la cota batimétrica de los 4-8 m, esta comunidad se encuentra mixta con el hábitat de Fondo sedimentario con *Cymodocea nodosa*. De forma progresiva con el aumento de profundidad los arenales son más frecuentes y ocupan mayor extensión. En la Figura 108.- se muestra el aspecto del fondo sedimentario entorno a los 7 m.

### 3.8.2.2 Hábitat de sedimentos infralitorales con *Cymodocea nodosa* (030509)

En fondos sedimentarios de zonas protegidas, preferentemente en zonas someras como de bahías semicerradas, lagunas costeras o zonas portuarias de las costas Mediterráneas pueden aparecer praderas de la fanerógama marina *Cymodocea nodosa*.

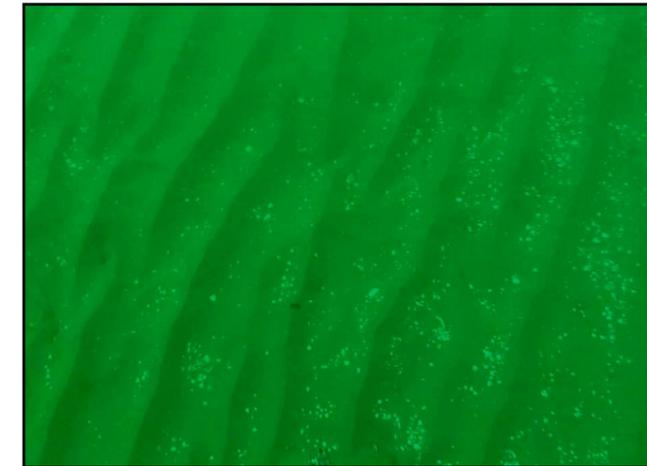


Figura 108.- Fondo sedimentario con restos biogénicos. (Fuente: Tecnoambiente)

Esta fanerógama, de un tamaño notablemente inferior al de *Posidonia Oceanica*, presenta un desarrollo marcadamente estacional, cuyo crecimiento se produce entre mayo y octubre, siendo muy acusado en los meses de verano. Durante el invierno puede llegar a perder la totalidad de las hojas, persistiendo sólo los rizomas. *Cymodocea Nodosa* es, después de *Posidonia Oceanica*, la segunda fanerógama marina en importancia en el Mediterráneo, por su envergadura y por la extensión que ocupan sus praderas.

La *Cymodocea Nodosa* se encuentra incluida en 2011 en el 'Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial' elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

En la zona de estudio se ha detectado la presencia de esta fanerógama entre las cotas de 4 y 8 m de profundidad. Aparece como una pradera dispersa y con una cobertura variada, desde muy poco densa hasta muy densa como se ha podido ver en apartados anteriores (ver Figura 109.- ).



Figura 109.- Fondo sedimentario de *Cymodocea Nodosa*. (Fuente: Tecnoambiente)

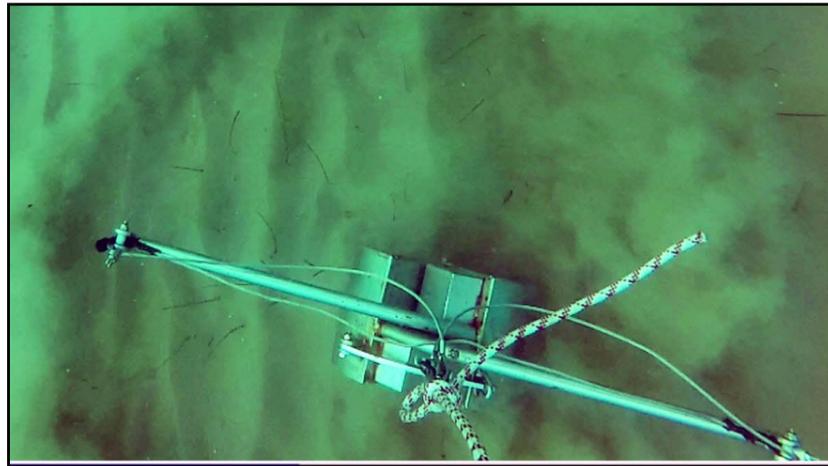


Figura 110.- Draga de muestreo sobre el fondo de *Cymodocea Nodosa*. (Fuente: Tecnoambiente)

Tal como se aprecia en la Figura 111.- la distancia entre las obras proyectadas y las manchas menos densas de *Cymodocea N.* más próximas es de 60 m en la zona e aportación y de 20 m en la zona de dragado, mientras que las distancias a las manchas más densas es de 230 m y 40 m respectivamente.

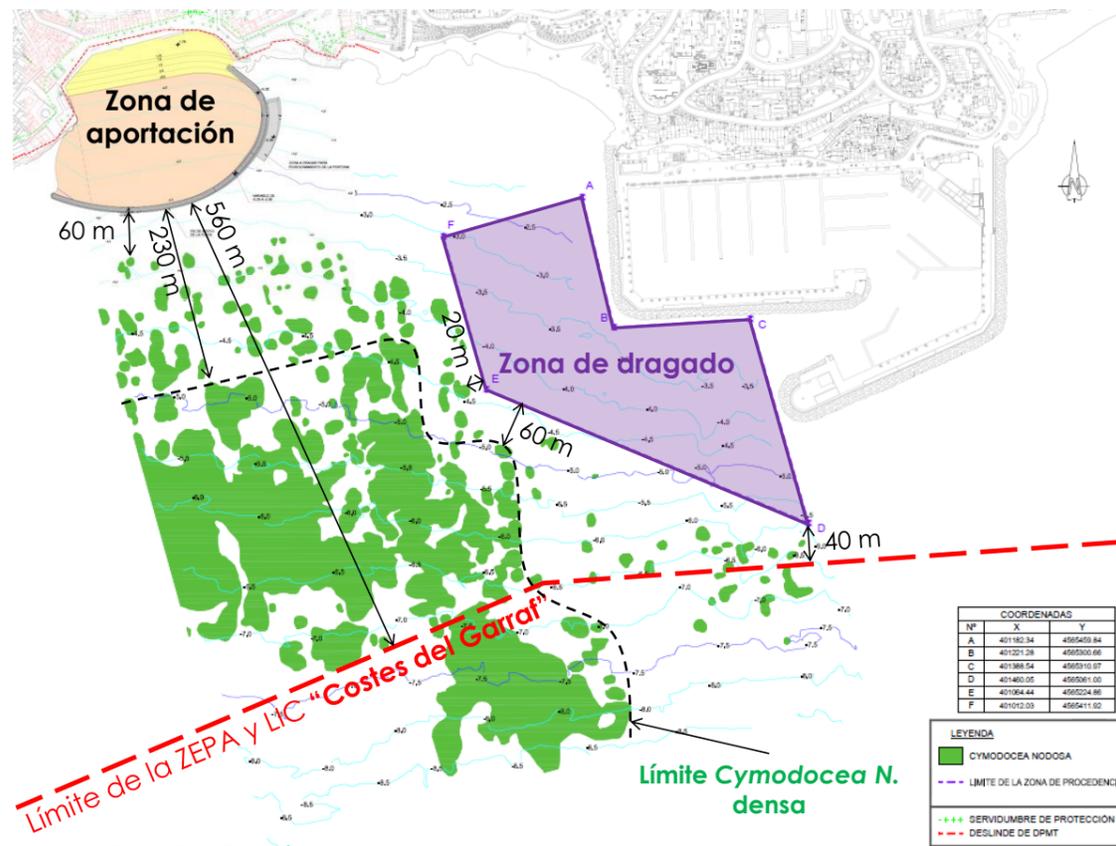


Figura 111.- Ubicación de las obras y de las manchas de *Cymodocea Nodosa* (Fuente: elaboración propia)

### 3.9 ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS

En el entorno de la zona del proyecto se localizan tres espacios naturales protegidos (ver Figura 112.-):



Figura 112.- Espacios Red Natura 2000 en el entorno del proyecto. (Fuente: Tecnoambiente)

- “Massís del Garraf” incluido en el Espacio “Serres del Litoral Central” (ES5110013) perteneciente a la Red Natura2000 y al PEIN (Plan de Espacios de Interés Natural) de Catalunya (ver Figura 112.- ). Tiene calificación de Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y Lugar de Importancia Comunitaria (LIC).
- Espacio “Costes del Garraf” (código ES5110020) perteneciente a la Red Natura 2000, con calificación de ZEPA y LIC.
- “Espacio marino del Baix Llobregat-Garraf” (código ES0000513) perteneciente a la Red Natura 2000, con calificación de ZEPA, y que está limitado en su extremo norte por el Espacio “Costes del Garraf”.

El LIC y ZEPA “Serres del Litoral Central” (ver Figura 113.- ), con una superficie de 25.075 Ha incluye el Macizo del Garraf, que forma una unidad de relieve constituida predominantemente por materiales calcáreos (unidad cárstica) con la única excepción del extremo más oriental dónde dominan los materiales silíceos. Posee un relieve heterogéneo que aparece como resultado de un modelado mixto de erosión normal y cárstica, dónde intervienen formas fluviales ordinarias y formas cársticas superficiales y subterráneas. Las comunidades vegetales se han de incluir dentro tres dominios de vegetación: el encinar litoral, la máquia litoral y las comunidades permanentes de hinojo marino en los acantilados. Las características del relieve determinan un predominio de la fauna mediterránea, con una notable diversidad de las biocenosis rupícolas y litorales. Las montañas del Ordal están formadas por un sistema cárstico con masas de calizas mesozoicas y depósitos de sedimentos marinos que dan cuerpo a un característico relieve calcáreo. Al extremo oriental aparecen también los materiales

triásicos. Casi la práctica totalidad del territorio se ha de incluir dentro el dominio del encinar litoral dónde dominan las comunidades secundarias como las garrigas o matorrales que conviven con comunidades permanentes de hábitats específicos, como los rupícolas o los bosques de caducifolios de algunos fondos de valle. Olérdola constituye la prolongación oriental de las sierras litorales del Garraf-Ordal. Formada por relieves calcáreos, cubiertos de matorral calcícola de romero y brezo (*Erica multiflora*) con abundancia de pino carrasco. Son frecuentes las comunidades de casmófitas y comofitas en lugares rocosos. Foix: el extremo más oriental de la sierra Litoral presenta un islote importante de vegetación natural propio de los barrancos mediterráneos. La distancia entre el límite del LIC-ZEPA y la zona de estudio es de 1,5 km.

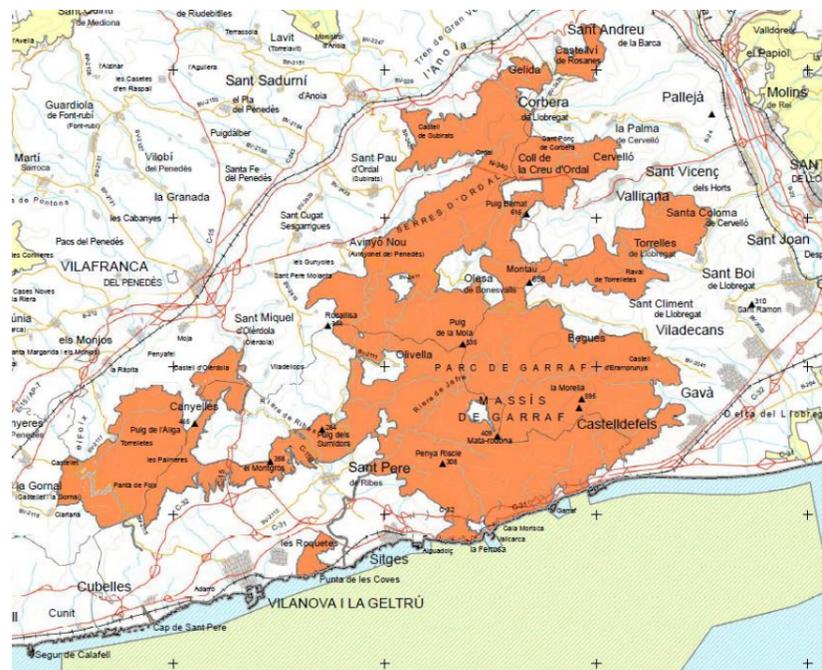


Figura 113.- Cartografía del LIC y ZEPA "Serres del Litoral Central" (Fuente: Generalitat de Catalunya)

La ZEPA y LIC "Costes del Garraf" (ver Figura 114.- ), con una superficie de 26.474 Ha, es un espacio marino situado frente a la comarca del Garraf, desde Cunit a Viladecans hasta el límite aproximado de los -50 metros, pero entrando en contacto con la costa solamente en aquellas zonas donde puede conectar con los límites del Parque Natural del Garraf. Su importancia se debe a la presencia de importantes comunidades de dos fanerógamas marinas (*Posidonia oceánica* y de *Cymodocea Nodosa*), así como de recursos ictiológicos, base de la alimentación de numerosas especies de aves (pardela balear, pardela cenicienta, pardela mediterránea, gaviota de Audouin, gaviota cabecinegra, cormorán moñudo, ave de tormenta, gaviota pequeña, charrán patinegro, entre otros). Se trata de un área de especial relevancia para la alimentación de la comunidad ornitológica del delta del Llobregat (ES0000146). Asimismo representa una zona de paso de tortugas marinas, principalmente tortuga boba (*Caretta caretta*), aunque también se han visto ocasionalmente a la tortuga laúd y la tortuga verde, y de cetáceos, particularmente el delfín mular (*Tursiops truncatus*), aunque se han avistado hasta a siete especies de cetáceos diferentes.

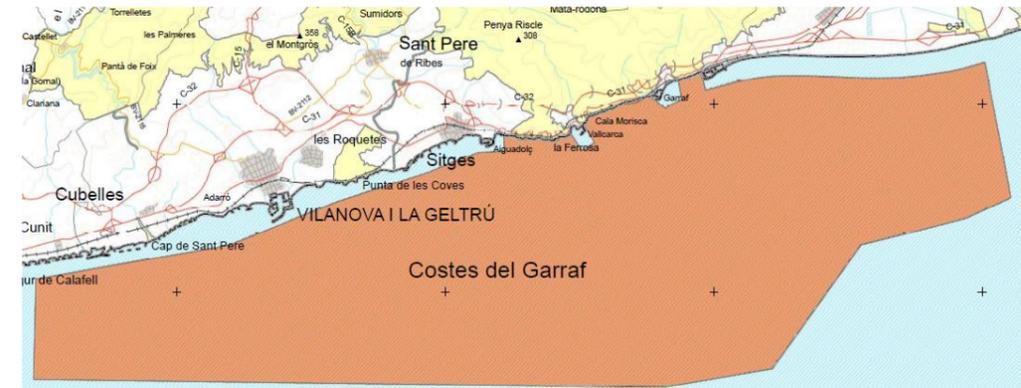


Figura 114.- Cartografía del LIC y ZEPA "Costes del Garraf" (Fuente: Generalitat de Catalunya)

La distancia entre el límite de la ZEPA-LIC y el área de proyecto es de 560 m en el caso de la zona de aportación y de 40 m en el caso de la zona de dragado (ver Figura 111.- ).

Los Hábitats de Interés Comunitario (HIC) marinos presentes son: 1120\* Praderas de *Posidonia* (hábitat prioritario) y 1170 Fondos marinos rocosos y concreciones biogénicas sublitorales, mientras que las Especies de Interés Comunitario presentes son: 1224\* *Caretta caretta* o tortuga boba (especie prioritaria) y 1349 *Tursiops truncatus* o delfín mular. La distribución de las praderas de *Posidonia O.* en las proximidades de la zona de estudio se muestra en la Figura 115.- pudiéndose comprobar que el límite de la pradera se encuentra a unos 1.500 m de la zona de obras.

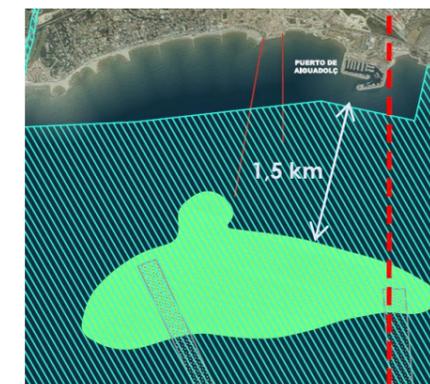


Figura 115.- Distribución de *Posidonia Oceanica* cerca de la zona de proyecto (Fuente: DGSCyM)

Los dos espacios LIC anteriores se encuentran en trámite para ser designado ZEC. Fueron declarados ZEC en 2014 (Acuerdo GOV/150/2014, de 4 de noviembre) y están pendientes de tramitación del MAPAMA a la UE. Si bien no dispone de planes de gestión específicos, en el mencionado Acuerdo GOV/150/2014 se define el Instrumento de Gestión. Hasta la elaboración de los planes de gestión específicos se tendrá en cuenta los instrumentos de gestión genéricos elaborados de forma específica para los espacios de la zona costera mediterráneas. Los objetivos de conservación para los HIC y las especies de interés comunitario presentes (delfín mular y tortuga boba) consisten básicamente en

mantener la distribución actual conocida y conseguir que dicha superficie tenga un estado de conservación favorable.

Finalmente, la ZEPA "Baix Llobregat-Garraf" (ver Figura 116.- ) es un espacio marino que ocupa una superficie de 386,61 km<sup>2</sup>, la práctica totalidad de la plataforma continental desde el sur del puerto de Barcelona hasta Vilanova y La Geltrú. Su límite norte coincide con el límite sur del LIC y ZEPA "Costes del Garraf" (ver Figura 114.- ). Se encuentra a unos 9 km de la zona de proyecto. La zona presenta una productividad relativamente elevada en el contexto Mediterráneo. Se trata de un área propicia para el desarrollo de pequeños peces y constituye, por tanto, una zona marina de concentración y alimentación muy importante durante el periodo reproductor para las pardelas cenicienta (*Calonectris diomedea*), mediterránea (*Puffinus yelkouan*) y balear (*Puffinus mauretanicus*), así como para la gaviota de Audouin (*Larus audouinii*), que además se reproduce en el delta del Llobregat en números importantes. Durante el invierno, se observan densidades elevadas de gaviota cabecinegra (*Larus melanocephalus*) y pardelas mediterránea y balear.

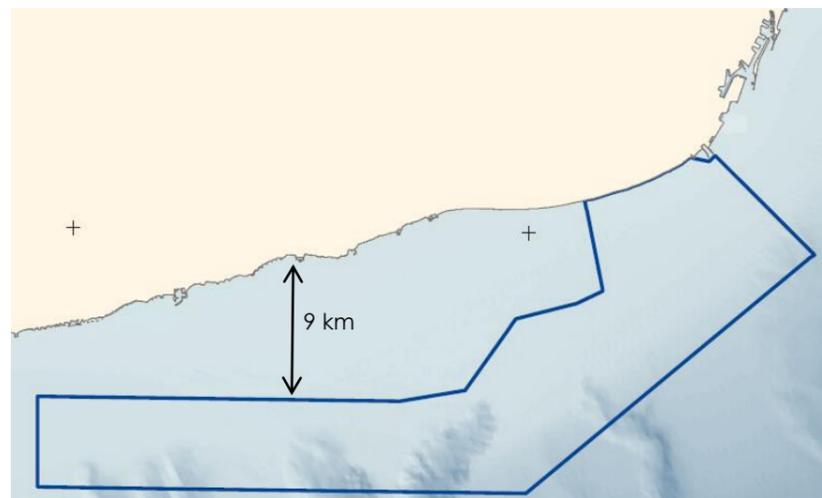


Figura 116.- Cartografía de la ZEPA "Baix Llobregat-Garraf" (Fuente: MAPAMA)

### 3.10 ACTIVIDAD PESQUERA

En las zonas de extracción y aportación está prohibida cualquier tipo de práctica pesquera profesional, por lo que se descartan potenciales afecciones a la misma.

En la zona de aportación se practica pesca deportiva, si bien se da en una zona limitada y la influencia de la aportación sobre el recurso se considera poco significativa.

En la Figura 117.- se muestran los caladeros próximos a la zona de estudio. Puede apreciarse que el más cercano se encuentra a 1,5 km.

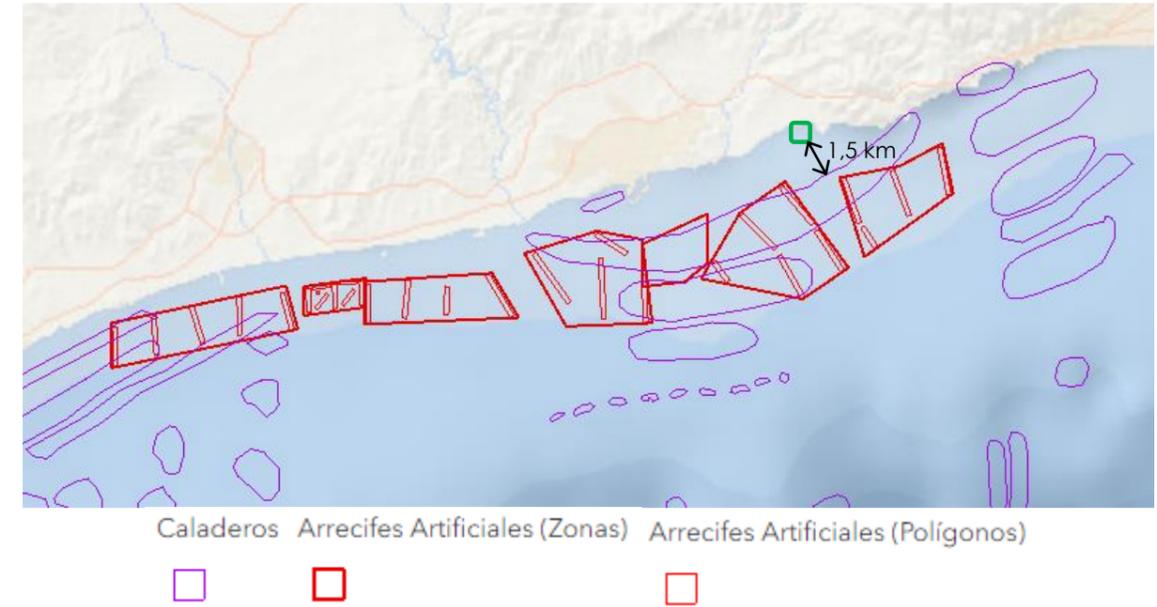


Figura 117.- Caladeros existentes en las proximidades de la zona de actuación –en color verde– (Fuente: Instituto Español de Oceanografía)

### 3.11 ELEMENTOS ANTRÓPICO SUBMARINOS

Entre los posibles servicios afectados en la zona de estudio, se descarta la presencia de emisarios o cualquier elemento de origen antrópico en la zona de extracción, la de mayor riesgo de afección al implicar el dragado del fondo marino.

Finalmente en la zona no hay cables submarinos, arrecifes, u otros elementos antrópicos submarinos, con la excepción del pecio submarino que se comenta en el apartado 3.12.

### 3.12 PATRIMONIO CULTURAL

Por lo que respecta al patrimonio arqueológico, de acuerdo a la información de la Direcció General del Patrimoni Cultural de la Generalitat de Catalunya, en las proximidades de la zona de obra existen los siguientes restos arqueológicos, cuya ubicación se muestra en la Figura 118.- .

- 18.- El Baluard, con restos arqueológicos de la época ferro-ibérica, romana, medieval y de la época moderna
- 29.- Arxiu històric municipal (bajo la capilla del Palau Maricel) con restos arqueológicos de la época ferro-ibérica (350 aC a 300 aC).
- 32.- Edificio El Sarcòfeg, con restos arqueológicos de la época moderna (1.493 dC)

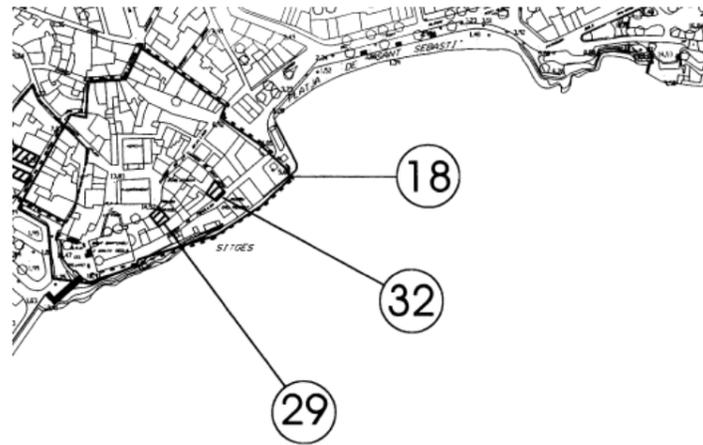


Figura 118.- Restos arqueológicos en las proximidades de la obra (Fuente: Generalitat de Catalunya)

Asimismo en la playa de L'Estanyol (a poniente de la de Sant Sebastià) se localiza un pecio submarino, Brulot de Marsay, correspondiente a una embarcación hundida el 1 julio de 1642 a una profundidad de unos 2 m. Se encuentra fuera de la zona de actuación, por lo que no se prevé la afectación del mismo.

### 3.13 PAISAJE

Según el Convenio Europeo del Paisaje, paisaje es "cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos". Entre las medidas específicas de dicho Convenio (incluidas en su capítulo 6) figura "calificar los paisajes así definidos, teniendo en cuenta los valores particulares que les atribuyen las Partes y la población interesadas".

De acuerdo con el "Catálogo del paisaje de la Región Metropolitana de Barcelona" editado por el Observatori del Paisatge de la Generalitat de Catalunya en la unidad de paisaje denominada "Plana del Garraf" se detectan diferentes elementos de paisaje, como se muestra en la Figura 119.- .

En el entorno de la zona de actuación destacan las siguientes:

- Playa (catalogada como "Valor social")
- Camino GR-92 (catalogada como "Valor social")
- Camino Real o "Camí Real" (catalogada como "Valor histórico")
- Acantilado (catalogada como "Valor estético")
- Mar (catalogada como "Valor estético")

En dicho documento como objetivo de calidad paisajística se incluye "una fachada marítima de Sitges y Vilanova i la Geltrú bien preservada y gestionada, que mantenga su valor escénico e histórico y preserve la identidad paisajística de cada lugar, formada por valores y elementos de carácter natural y cultural".

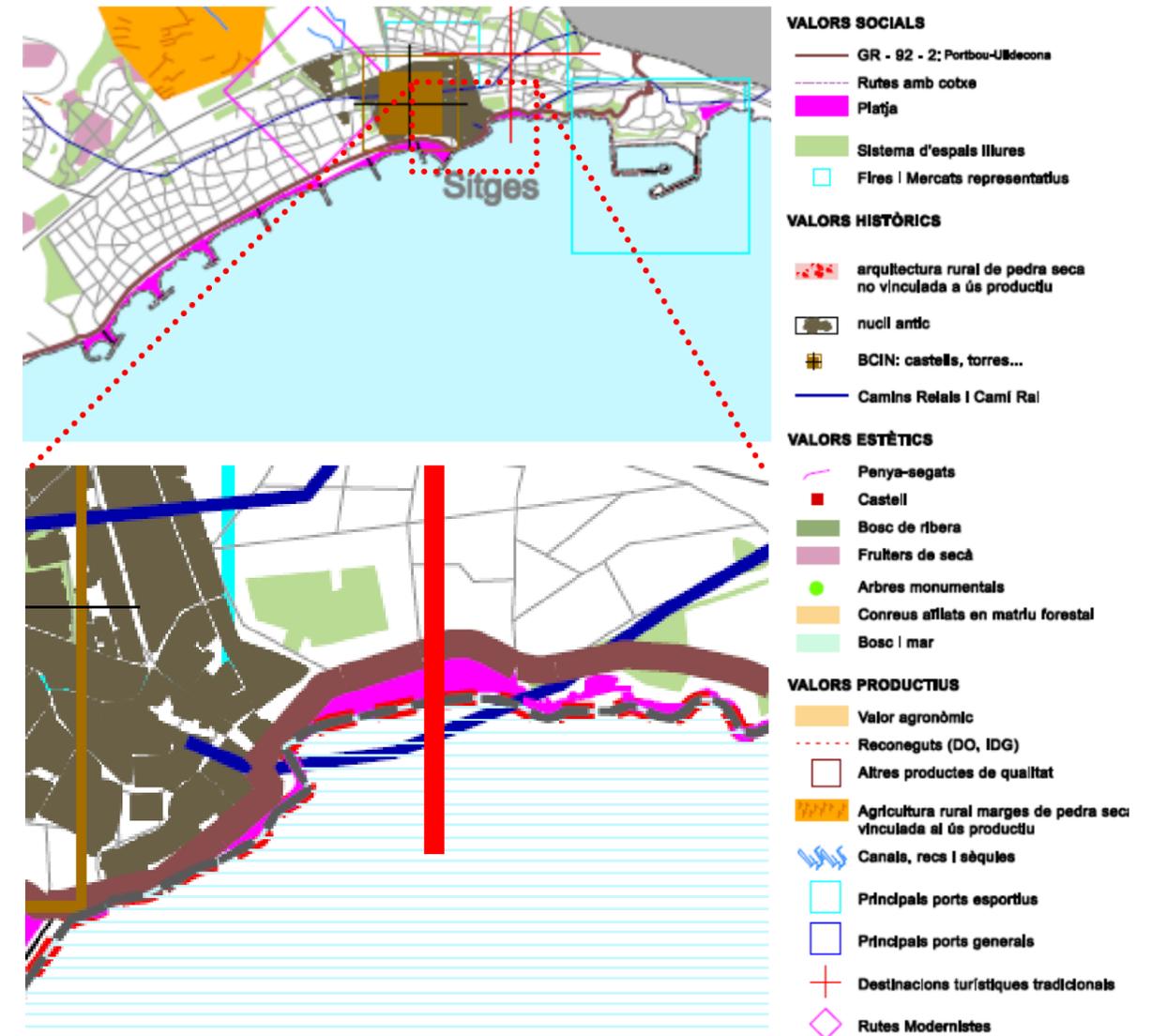


Figura 119.- Elementos de paisaje en el entorno de la obra (Fuente: Observatori del Paisatge)

En cuanto a las propuestas de criterios y acciones dirigidas prioritariamente a la ordenación se incluye "mantener la calidad de las fachadas marítimas de los asentamientos históricos de los municipios de Sitges y Vilanova i la Geltrú. Los POUM de estas poblaciones tendrían que incorporar este objetivo y establecer, cuando sean necesarias, medidas para recuperar la coherencia formal de las fachadas marítimas actuales", así como "velar por la correcta ordenación de los frentes marítimos, para adaptarlos a las especificidades geomorfológicas, naturales y patrimoniales del lugar. Se consideran zonas prioritarias de actuación las franjas costeras con continuos urbanos de Sitges, Vilanova i la Geltrú y Cubelles. La línea de costa alterna tramos de playas de alto valor escénico, como la playa Llarga, con humedales puntuales y con tramos de costa de acantilados entre las poblaciones de Vilanova y de Sitges. Además de esta diversidad morfológica, destacan ciertos elementos naturales, como la zona costera dels Colls, que es una de las que mejor se conservan de toda la Región Metropolitana de

Barcelona. Los intensos procesos de urbanización de primera línea de mar, generados principalmente por el incremento drástico del sector turístico, han llegado a tener una importante incidencia en el paisaje".

En cualquier caso conviene destacar que la playa de Sant Sebastià se encuentra fuertemente antropizada, tal como puede apreciarse en la Figura 120.-, pues al estar dentro del núcleo urbano de Sitges, está rodeada por edificios y un paseo marítimo, si bien destacan los acantilados bajos existentes a ambos laterales, especialmente el situado a poniente, sobre el cual se encuentra el recinto histórico conocido como "El Baluard" (ver apartado 3.12). Asimismo desde la playa se aprecian obras de escollera: los espigones de las playas situadas más a poniente (ver fotografía superior y central de la Figura 120.- y el dique del Puerto de Aiguadolç a levante de la playa (ver fotografía inferior).



Figura 120.- Fotografías de la playa de Sant Sebastià (Fuente: MAPAMA)

### 3.14 INTERACCIONES ECOLÓGICAS CLAVES

Una vez conocidas las características de la obra objeto de proyecto, así como las del medio en el que pretende ser desarrollada, se está en condiciones de definir las interacciones ecológicas clave, tal como se solicita en el Anexo VI de la Ley 21/2013.

Por interacciones ecológicas clave, se entiende la serie de procesos naturales importantes que pueden verse significativamente interferidos por alguna acción o componente del proyecto considerado y que por tanto relaciona los elementos generadores de impacto (la obra) y los elementos receptores de impacto (el medio físico y socioeconómico) a través de los mecanismos generadores de impacto.

#### 3.14.1 ELEMENTOS GENERADORES DE IMPACTO

Los elementos generadores de impacto están directamente implicados con las distintas operaciones básicas incluidas en la obra. En particular se han identificado los siguientes.

##### Durante la fase de construcción

- **Extracción de materiales (escollera).** Durante la extracción de la escollera de las canteras la maquinaria empleada producirá ruidos y la emisión de contaminantes atmosféricos.
- **Dragado de la arena.** Durante las operaciones de dragado de la arena la maquinaria empleada (draga de succión) producirá ruidos y la emisión de contaminantes atmosféricos. Asimismo debe tenerse presente que durante estas operaciones se producirá el vertido al agua de finos presentes en la arena como consecuencia de las operaciones de "over-flow" de la cántara. Esto comportará un incremento de la turbidez del agua que puede afectar a las especies más próximas e incluso podría implicar una modificación de la calidad química del agua, si bien esto último se considera poco probable.
- **Transporte de materiales (escollera / arena).** Durante el transporte por carretera de la escollera desde la cantera hasta la obra (en pontona flotante y en camión) y de la arena de aportación (en la cántara de la propia draga) la maquinaria empleada producirá ruidos y la emisión de contaminantes atmosféricos
- **Vertido/colocación de los materiales en el agua (arena / escollera).** Durante las operaciones de vertido y colocación de escollera en el espigón y de vertido y extensión de arena en la playa, la maquinaria empleada producirá ruidos y la emisión de contaminantes atmosféricos. Asimismo debe tenerse presente que durante estas operaciones se producirá el vertido al agua de los finos presentes en la arena y en las escolleras (no obstante, debe tenerse en cuenta que en promedio la arena que se propone emplear para la creación de la nueva playa –y que en volumen es el material mayoritario en la obra– tiene un porcentaje de finos reducido, inferior al 2,5%, entendiéndose por finos aquellas partículas con un tamaño inferior a 0,063 mm). Esto comportará un incremento de la turbidez del agua que puede afectar a las especies más próximas e incluso podría implicar una modificación de la calidad química del agua, si bien esto último se considera poco probable.

- **Vertido accidental de hidrocarburos.** Durante las operaciones descritas anteriormente se puede llegar a producir el vertido accidental de aceites, lubricantes... tanto en medio terrestre como marino, si bien se le debe conceder una baja probabilidad de ocurrencia.

#### Durante la fase de explotación

- **Presencia del nuevo espigón.** La presencia del nuevo espigón una vez que su construcción haya sido finalizada supondrá por un lado un efecto barrera al transporte sedimentario (con la consiguiente alteración de la dinámica marina y el balance de sedimentos), la modificación de la batimetría y la ocupación de espacios habitados por comunidades marinas, lo que supone una alteración de sus condiciones actuales (por un lado aterramiento de las comunidades bentónicas presentes debido a la deposición de los materiales, pero por otro creación de una obra similar a un arrecife que permitirá el desarrollo de otro tipo de especies). Finalmente supone una alteración del actual paisaje costero, caracterizado por una artificialización. No obstante es una obra sumergida, por lo que solamente comportará una modificación cromática del fondo marino sin interrupción de las panorámicas actualmente existentes desde la playa y desde el paseo. Además, como ya se ha comentado, en las proximidades de la zona ya existen este tipo de estructuras.
- **Ampliación de la superficie de playa seca (relleno de arena).** La ampliación de la superficie de playa seca una vez que su construcción haya sido finalizada supondrán por un lado la modificación de la batimetría y la ocupación de espacios habitados por comunidades marinas, lo que supone una alteración de sus condiciones actuales (aterramiento de las comunidades bentónicas presentes debido a la deposición de los materiales). Asimismo supone una alteración del actual paisaje costero. Finalmente la creación de la nueva playa permitirá un mayor desarrollo de las actividades recreativas y de ocio.

#### 3.14.2 ELEMENTOS RECEPTORES DE IMPACTO

Por lo que respecta a los elementos receptores de impacto, están formados por los distintos componentes del medio que pueden resultar afectados directa o indirectamente por la obra. En particular se han identificado los siguientes, que han sido agrupados en aquellos pertenecientes al medio abiótico, al medio biótico y al medio antrópico (que incluye el perceptual –paisaje- y el socio-económico).

##### Medio abiótico

- **Fondo marino**
- **Aire**
- **Agua**

##### Medio biótico

- **Comunidades naturales**

- **Espacios Naturales Protegidos**

##### Medio antrópico

- **Paisaje**
- **Actividades socio- económicas**

#### 3.14.3 MECANISMOS DE GENERACIÓN DEL IMPACTO

La interacción entre elementos generadores y receptores de impacto se produce a través de una serie de mecanismos, lineales en unos casos y complejos en otros, que en el caso de una obra como la analizada presenta un ámbito espacial de influencia reducido, limitado además en el tiempo. A continuación, se identifican los principales mecanismos a través de los cuales se producen los diferentes impactos detectados.

##### 3.14.3.1 Sobre el medio abiótico

El medio físico-químico constituye el soporte del conjunto de sistemas, por lo que los mecanismos de actuación sobre él trascienden a los componentes bióticos que mantienen una relación de equilibrio con la calidad del medio. Por ejemplo, toda modificación significativa y persistente en la transparencia del agua o en su calidad química (concentración de nutrientes, oxígeno disuelto, etc.) implica una alteración en la estructura de las comunidades naturales, con un grado de sensibilidad diferente; así, las comunidades bentónicas, por su dependencia del sustrato y la falta de capacidad de huida, son las más influenciadas por las alteraciones del sistema como se describe más adelante.

Los mecanismos generadores de impacto sobre este medio que se han detectado son los siguientes (en letra cursiva se ha señalado la componente del medio abiótico sobre la que actúan):

- 1.- **Afección a la dinámica litoral** como consecuencia de la creación de barreras al transporte litoral [*fondo marino*].
- 2.- **Modificación de la batimetría y naturaleza del sustrato** como consecuencia del vertido de materiales sobre los actuales fondos y que en el caso del espigón además es de naturaleza diferente, al tratarse de roca en lugar de la arena actualmente existente [*fondo marino*].
- 3.- **Alteración de la calidad atmosférica y acústica** de ida a la emisión de ruidos y contaminantes por parte de la maquinaria empleada en la obra [*aire*].
- 4.- **Incremento de la turbidez en la columna de agua** como consecuencia de la puesta en suspensión de la fracción fina de los materiales durante la fase de obras [*agua*].
- 5.- **Alteración de la calidad química del agua** como consecuencia de la puesta en suspensión de la fracción fina de los materiales con la eventual movilización de nutrientes y sustancias contaminantes contenidas en los materiales, así como por el vertido accidental de hidrocarburos, todo ello durante la fase de obras [*agua*].

### 3.14.3.2 Sobre el medio biótico

La complejidad de las comunidades bentónicas las convierte en indicadoras de los cambios en el sistema ya que su inmovilidad las hace muy dependientes de las condiciones del entorno y de las modificaciones que los vertidos y eventuales dragados puedan introducir (esto justifica su estudio preferente frente a otros comportamientos del medio biótico). Los mecanismos generadores de impacto sobre este medio que se han detectado son los siguientes (entre paréntesis se ha señalado la componente del medio biótico sobre la que actúan):

- 6.- **Afección a las comunidades naturales terrestres** florísticas o faunísticas, debido a la eventual destrucción o perturbación generada en la zona de extracción de la escollera [comunidades naturales].
- 7.- **Afección a las comunidades bentónicas**, por un lado debido al dragado de la arena a emplear en la regeneración y a la ocupación directa del fondo marino por el material de escollera para la construcción de los espigones y por la arena aportada para la creación la nueva playa y por otro lado como consecuencia de la modificación de las condiciones en el agua (turbulencia y calidad química, incluyendo el vertido accidental de hidrocarburos) durante la ejecución de las obras y que en este caso afectaría también temporalmente a comunidades ubicadas fuera de la zonas ocupadas directamente por las obras. Además una vez finalizadas las obras la tipología de obra del espigón (tipo arrecife) podría favorecer el desarrollo de especies bentónicas [comunidades naturales].
- 8.- **Afección a las comunidades planctónicas y neríticas**, consistente en la modificación de las comunidades de fitoplancton a causa del cambio en las condiciones físicas (turbidez) o químicas (nutrientes e hidrocarburos vertidos accidentalmente) del medio durante la ejecución de la obras. Por otro lado una vez finalizadas las obras la tipología de obra del espigón (tipo arrecife) podría favorecer el desarrollo de especies neríticas [comunidades naturales].
- 9.- **Afección a hábitats protegidos (Cymodocea Nodosa) fuera de los Espacios Naturales Protegidos**, como consecuencia de la puesta en suspensión de finos durante la ejecución de la obra y que eventualmente podrían llegar a las zonas ocupadas por estas especies [comunidades naturales].
10. **Afección a especies protegidas (delfín mular y tortuga boba y Posidonia Oceanica) en los Espacios Naturales Protegidos**. A pesar que estas 2 especies no suelen prodigarse en la zona litoral, eventualmente podría producirse su afección indirecta como consecuencia de la modificación en las condiciones físicas (turbidez) o químicas (nutrientes) del medio durante la ejecución de la obras, si bien su probabilidad es baja [Espacios Naturales Protegidos].
- 11.- **Afección al resto de especies de los Espacios Naturales**, como consecuencia de la puesta en suspensión de finos y al vertido accidental de hidrocarburos durante la ejecución de la obra [Espacios Naturales Protegidos].

### 3.14.3.3 Sobre el medio antrópico

El borde litoral representa un medio con condiciones especialmente favorables para el desarrollo de la actividad humana en sus múltiples facetas. En consecuencia, se produce una convergencia de usos

sobre el medio que tratan de aprovechar los recursos ofrecidos. La simultaneidad espacial y temporal de los diversos usos suele generar conflictos en razón del grado de compatibilidad entre unos y otros.

Los mecanismos generadores de impacto sobre este medio que se han detectado son los siguientes (entre paréntesis se ha señalado la componente del medio antrópico sobre la que actúan):

- 12.- **Alteración del paisaje**, como consecuencia de la construcción del espigón (si bien es sumergido), y la ampliación de la superficie de playa seca; también se incluye a la afección en la zona de la cantera donde se obtendrá la escollera [paisaje].
- 13.- **Alteración de recursos pesqueros** como consecuencia de la puesta en suspensión de la fracción fina de los materiales con la eventual movilización de nutrientes y sustancias contaminantes contenidas en los materiales, así como por el vertido accidental de hidrocarburos, todo ello durante la fase de obras [actividades socio-económicas].
- 14.- **Alteración de actividades recreativas y de ocio**. La ampliación de la superficie de playa seca incrementará el uso del litoral y las actividades recreativas y de ocio en esta zona turística [actividades socio-económicas].

### 3.14.4 MATRIZ CAUSA / EFECTO

Todo lo anterior puede ser resumido en la matriz causa / efecto que se muestra en la Tabla 29.- y que relaciona elementos generadores (presentados en color gris), elementos receptores (en color amarillo) e impactos generados (en color celeste).

## 3.15 ESTUDIO COMPARATIVO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL ACTUAL Y LA SITUACIÓN AMBIENTAL TRAS LA ACTUACIÓN

Finalmente, y tal como se indica en el Anexo VI de la Ley 21/2013 se ha efectuado un estudio comparativo de la situación ambiental actual y de la situación ambiental tras la actuación para cada una de las alternativas consideradas en el estudio de soluciones (ver apartado 2.2). En particular se han considerado los siguientes componentes ambientales:

- Aire
- Agua
- Geología
- Dinámica Litoral. Grado de efectividad técnica de la solución
- Comunidades naturales
- Paisaje
- Socio-económica

En la Tabla 29.- se muestra en forma de cuadro la situación ambiental para estas componentes en la situación actual y tras la ejecución de cada una de las 7 alternativas estudiadas. Puede apreciarse que la situación ambiental es muy similar para todas ellas ya que la diferencia entre dichas propuestas no es muy elevada.

Tabla 29.- Matriz causa / efecto del proyecto (Fuente: elaboración propia)

**MATRIZ CAUSA / EFECTO (ELEMENTOS RECEPTORES, ELEMENTOS GENERADORES E IMPACTOS)**

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ;  
T.M. DE SITGES (BARCELONA)**

ELEMENTOS RECEPTORES DE IMPACTO		ELEMENTOS GENERADORES DE IMPACTO						IMPACTOS GENERADOS
		Fase de Constucción				Fase de Explotación		
		Extracción de materiales (escollera)	Dragado del fondo marino	Transporte de materiales (escollera / arena)	Vertido de los materiales en el agua (escollera / arena)	Vertido accidental de hidrocarburos	Presencia del nuevo espigón	
MEDIO ABIÓTICO	Fondo marino		x				x	1.- Afección a la dinámica litoral
	Aire	x	x	x	x			2.- Modificación de la batimetría y naturaleza del sustrato
	Agua		x		x			3.- Alteración de la calidad atmosférica y acústica
MEDIO BIÓTICO	Comunidades naturales		x					4.- Incremento de la turbidez en la columna de agua
			x		x	x		5.- Alteración de la calidad química del agua
			x		x	x	x	6.- Afección a las comunidades naturales terrestres
	Espacios Naturales Protegidos		x		x			7.- Afección a las comunidades bentónicas
			x		x	x		8.- Afección a las comunidades planctónicas y neríticas
MEDIO ANTRÓPICO	Paisaje						x	9.- Afección a hábitats protegidos: Cymodocea Nodosa
	Actividades socio-económicas		x		x	x		10.- Afección a especies protegidas: delfín mular, tortuga boba y Posidonia O.
			x	x	x			11.- Afección al resto de especies de los Espacios Naturales Protegidos
							x	12.- Alteración del paisaje
								13.- Alteración de recursos pesqueros
								14.- Alteración de actividades recreativas y de ocio

Tabla 30.- Comparación de la situación ambiental actual y tras las alternativas de actuación (Fuente: elaboración propia)

Componente analizada	Situación actual	Alternativa 1	Alternativa 2		Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	
			Base	Variante			Base	Variante
<b>Aire</b>	Calidad buena.	Calidad buena una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirá la emisión de ruido y polvo (efecto temporal).	Calidad buena una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirá la emisión de ruido y polvo (efecto temporal).	Calidad buena una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirá la emisión de ruido y polvo (efecto temporal).	Calidad buena una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirá la emisión de ruido y polvo (efecto temporal).	Calidad buena una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirá la emisión de ruido y polvo (efecto temporal).	Calidad buena una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirá la emisión de ruido y polvo (efecto temporal).	
<b>Agua</b>	Calidad excelente.	Calidad excelente una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirán un incremento de la turbulencia debido a puesta en suspensión de los finos que contienen la escollera y arena (efecto temporal).	Calidad excelente una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirán un incremento de la turbulencia debido a puesta en suspensión de los finos que contienen la escollera y arena	Calidad excelente una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirán un incremento de la turbulencia debido a puesta en suspensión de los finos que contienen la escollera y arena (efecto temporal).	Calidad excelente una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirán un incremento de la turbulencia debido a puesta en suspensión de los finos que contienen la escollera y arena (efecto temporal).	Calidad excelente una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirán un incremento de la turbulencia debido a puesta en suspensión de los finos que contienen la escollera y arena (efecto temporal).	Calidad excelente una vez finalizada la obra. Durante su ejecución se producirán un incremento de la turbulencia debido a puesta en suspensión de los finos que contienen la escollera y arena	
<b>Geología</b>	Fondos formados por arenas finas.	Fondos formados por arenas finas en la zona de la nueva playa y fondos rocosos en la zona del espigón (1).	Fondos formados por arenas medias en la zona de la nueva playa y fondos rocosos en la zona de los espigones.	Fondos formados por arenas medias en la zona de la nueva playa y fondos rocosos en la zona de los espigones (3).	Fondos formados por arenas finas en la zona de la nueva playa y fondos rocosos en la zona del espigón (1).	Fondos formados por arenas finas en la zona de la nueva playa y fondos rocosos en la zona del espigón (1).	Fondos formados por arenas finas en la zona de la nueva playa y fondos rocosos en la zona del espigón (1).	
<b>Dinámica litoral. Grado de efectividad técnica de la solución</b>	Transporte potencial de sedimentos de 1.000-2.000 m <sup>3</sup> /año en dirección W-E.	El espigón sumergido no supone una barrera al transporte litoral.  Efectividad : baja	El espigón transversal supone una barrera al transporte litoral que permitirán la estabilización de la arena vertida.  Efectividad : alta	El espigón transversal supone una barrera al transporte litoral que permitirán la estabilización de la arena vertida.  Efectividad: media	Los 3 espigones transversales suponen una barrera al transporte litoral que permitirán la estabilización de la arena vertida, pero la rigidización parece excesiva. Efectividad: muy alta	El espigón transversal supone una barrera al transporte litoral que permitirán la estabilización de la arena vertida.  Efectividad: alta		
<b>Comunidades naturales</b>	Especies de escaso interés ecológico salvo la presencia de <i>Cymodocea Nodosa</i> a partir de la isóbata -3,5.	Destrucción de las comunidades bentónicas por aterramiento/ aplastamiento. La <i>Cymodocea N.</i> sólo se ve afectada por aumento de la turbulencia y decantación de los finos puestos en suspensión. En la zona de playa las comunidades podrán recuperarse a medio plazo.	Destrucción de las comunidades bentónicas por aterramiento/ aplastamiento. La <i>Cymodocea N.</i> sólo se ve afectada por aumento de la turbulencia y decantación de los finos puestos en suspensión. En la zona de playa las comunidades podrán recuperarse a medio plazo.	Destrucción de las comunidades bentónicas por aterramiento/ aplastamiento. La <i>Cymodocea N.</i> sólo se ve afectada por aumento de la turbulencia y decantación de los finos puestos en suspensión. En la zona de playa las comunidades podrán recuperarse a medio plazo.	Destrucción de las comunidades bentónicas por aterramiento/ aplastamiento. La <i>Cymodocea N.</i> sólo se ve afectada por aumento de la turbulencia y decantación de los finos puestos en suspensión. En la zona de playa las comunidades podrán recuperarse a medio plazo.	Destrucción de las comunidades bentónicas por aterramiento/ aplastamiento. La <i>Cymodocea N.</i> sólo se ve afectada por aumento de la turbulencia y decantación de los finos puestos en suspensión. En la zona de playa las comunidades podrán recuperarse a medio plazo.		
<b>Paisaje</b>	Paisaje actual muy antropizado	Integración paisajística : alta	Integración paisajística : media	Integración paisajística : media/alta	Integración paisajística : media	Integración paisajística : baja	Integración paisajística : alta	
<b>Socio-económica</b>	Tramo litoral muy utilizado al ser urbano.	Se mejoran las condiciones de uso al aumentar la superficie de playa seca	Se mejoran las condiciones de uso al aumentar la superficie de playa seca	Se mejoran las condiciones de uso al aumentar la superficie de playa seca	Se mejoran las condiciones de uso al aumentar la superficie de playa seca	Se mejoran las condiciones de uso al aumentar la superficie de playa seca	Se mejoran las condiciones de uso al aumentar la superficie de playa seca	

#### 4. DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS

En el análisis se discuten tanto los efectos negativos a que podría dar lugar la realización del proyecto, como sus efectos positivos (fundamentalmente aunque no exclusivamente en el ámbito económico y en una mejor protección de los bienes) pues el objetivo del estudio es la valoración de la resultante de la globalidad de la obra sino, tanto de aquellos elementos que implican una perturbación (negativa) al medio como de los favorables.

La valoración de los impactos se ha realizado en base a la técnica de las matrices en la que intervienen los elementos de la obra definidos en el Proyecto (ver apartado 2) y las condiciones del medio descritas en el inventario ambiental (ver apartado 3) y se ha efectuado en relación a la situación preoperacional (la actual), ya que el análisis del impacto de un proyecto implica siempre establecer cuánta perturbación añade sobre la situación de partida. Para llevar a cabo esta comparación, las técnicas disponibles y sus limitaciones son las indicadas en el siguiente cuadro.

Tabla 31.- Técnicas empleadas en la valoración de impactos y limitaciones (Fuente: elaboración propia)

METODOLOGÍA	LIMITACIONES
Comparación entre estados: a) calidad del medio en situación preoperacional y b) calidad del medio una vez finalizada la obra. La intensidad del impacto se deducirá del valor absoluto de la diferencia: $\Delta \text{ impacto} = [b - a]$ . Puesto que cada variable parte de un valor preoperacional distinto, es preferible medir el impacto a través de la expresión: $\Delta \text{ impacto} = [b - a]/a$	Los parámetros definidores de la calidad del agua presentan variaciones estacionales e interanuales de carácter natural de modo que la comparación entre estados queda enmascarada por una parte de "ruido de fondo" natural. Es muy difícil cuantificar este factor a menos de que se disponga de una serie prolongada de varios años de observaciones que son difícilmente compatibles con la ejecución de una obra concreta de dragado.
Comparación de los resultados con valores de referencia o estándares de calidad recogidos en la legislación. De este modo el impacto quedaría determinado por el hecho de que se superen o no los umbrales establecidos; además, cuánta mayor fuese la diferencia mayor sería también la intensidad del impacto.	No todas las variables implicadas en la obra disponen de regulación normativa. En este caso las normativas aplicables son las indicadas en el apartado 1.3.

El proyecto en cuestión implica el dragado de arena marina y su vertido en una zona muy próxima así como el vertido de escollera para la creación de un espigón sumergido. Por tanto, los impactos se ejercen sobre dos áreas distintas y de características ecológicas diferentes: medio continental (zona de obtención de escolleras) y medio marino (zona de dragado y zona de deposición de la arena y de la escollera); además, hay que tener en cuenta el transporte de escollera desde un punto a otro que también genera a su vez impactos adicionales. Es por tanto un análisis complejo al intervenir ámbitos con unos ciclos ecológicos fundamentalmente diferentes.

#### 4.1 DESCRIPCIÓN Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS ASOCIADOS A LA OBRA

##### 4.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS

Como se explicó en el apartado 2.2.6 los elementos más significativos de la obra son:

- Construcción de un espigón semi-sumergido, con una cota de coronación variable :a la cota -0,25 m r/CA en el tramo inicial , la -2,50 m r/CA en el tramo final y una cota variable en el tramo de transición entre los dos anteriores. El arranque del espigón se sitúa a levante de la playa (con objeto de evitar la pérdida de arena en dirección de oeste a este y la generada por una corriente de retorno en dirección hacia alta mar, cuya presencia se ha detectado en los estudios de detalle) y va girando hasta convertirse en un pie sumergido para contener el perfil sumergido que formará la arena vertida.
- Recarga de la playa de Sant Sebastià con 24.030 m<sup>3</sup> de arena marina extraída de la zona situada frente a la bocana del Puerto de Aiguadolç.

Dada las dimensiones reducidas de la obra, supone la movilización de mediciones poco importantes de arena marina y de escollera procedente de canteras terrestres, lo que provoca alteraciones ambientales en principio menores, tanto en la zona de procedencia como en la destino junto con los impactos asociados al transporte. Los impactos esperados presentan las siguientes características:

- Son principalmente de carácter temporal (sólo en la fase de ejecución de la obra) aunque también los hay de persistentes (todos los relacionados con la ocupación del espacio por los materiales).
- Son en gran parte recuperables ya que los materiales aportados (arena marina vertida muy similar a la arena nativa y en el caso de escolleras, azoicos al inicio al ser de procedencia continental) acabarán siendo colonizados por poblaciones bentónicas de características totalmente semejantes a las actuales.
- Son de carácter local, en un espacio reducido y en un contexto de fondos de naturaleza semejante que ocupan una gran parte del litoral.
- Ninguno de los elementos de artificialización (espigón sumergido) suponen un nuevo elemento en el paisaje de la zona.
- No se afecta a ninguna especie de alto valor ecológico ya que el proyecto se ha diseñado de modo que se respetan las comunidades de mayor valor ecológico del área (*Cymodocea Nodosa*) evitando su ocupación directa.
- Finalmente, no se trata de la formación de una playa en un emplazamiento nuevo sino recuperar las condiciones pasadas, pérdidas a causa de la regresión.

La definición de los impactos, con los elementos más importantes que han de posibilitar su valoración, se ha resuelto a base de la preparación de una serie de fichas, una para cada uno de los impactos detectados (y que se han listado en el apartado 3.14.3) que con mayor o menor probabilidad se producirán en las zonas afectadas a consecuencia de la obra. Dichas fichas, que se presentan en el apartado 4.1.3, facilitan la discusión y un acceso más sencillo a la información manejada. Cada ficha contiene los elementos que se citan a continuación y la evaluación de impacto contempla en conjunto las actuaciones, tanto la obtención como la aportación de los materiales:

- Descripción del impacto
- Ámbito espacial de expresión
- Criterios de valoración

- Caracterización
- Intensidad del impacto
- Tipificación
- Medidas preventivas (o moderadoras), reductoras (o correctoras) y compensatorias
- Sinergia con otros impactos

#### 4.1.2 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS

Pese a que en las fichas se ha incluido la valoración de los impactos, a continuación, se procede a la justificación de dicha valoración teniendo en cuenta una serie de criterios determinantes para la asignación de una magnitud en relación a una misma acción. En este caso, los criterios son distintos para cada medio afectado, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 32.- Criterios de valoración del impacto (Fuente: elaboración propia)

CRITERIOS DE VALORACIÓN DEL IMPACTO		
MEDIO ABIÓTICO	MEDIO BIÓTICO	MEDIO ANTRÓPICO
Calidad materiales	Valor ecológico	Calendario
Volumen materiales	Grado conservación	Valor recurso afectado
Calidad medio receptor	Singularidad	Grado utilización
Tiempo duración obras	Proximidad	Tiempo duración obras
Grado persistencia	Capacidad recuperación	Capacidad restitución
Capacidad sinergia	Tiempo duración obras	Proximidad zonas cultivo
Extensión territorial	Eficacia medidas correctoras	Proximidad playas
Eficacia medidas correctoras		Eficacia medidas correctoras

Para la caracterización de los impactos se ha utilizado la siguiente terminología:

Por su carácter:	positivo	/	negativo
Por su tipo:	directo	/	indirecto
Por su duración:	permanente	/	temporal
Por su acumulación:	simple	/	acumulativo / sinérgico
Por su temporalidad:	a corto plazo	/	a medio plazo / a largo plazo
Por su reversibilidad:	reversible	/	irreversible
Por su recuperación:	recuperable a corto plazo / recuperab. a medio plazo / irrecuperable		
Por su magnitud:	notable	/	moderado / mínimo
Por su periodicidad:	periódico	/	de aparición irregular
Por su continuidad:	continuo	/	discontinuo

Para la evaluación final se ha atendido a los siguientes criterios:

- **Impacto crítico (R):** impacto de alta magnitud en recursos de alto valor sin posible recuperación (irreversibles) y cuya presencia determina por exclusión la inviabilidad del proyecto.

- **Impacto severo (S):** impactos de alta magnitud sobre recursos de alto valor con posibilidad de recuperación a medio plazo, o bien sobre recursos de valor medio sin posibilidad de recuperación. También incluye los impactos de media magnitud sobre recursos de alto valor irreversibles.
- **Impacto moderado (M):** impactos de magnitud alta sobre recursos de alto valor alto de recuperación inmediata o bien sobre recursos de valor medio cuando son reversibles a medio plazo o bien sobre recursos de valor bajo cuando son irreversibles. También incluye los impactos de magnitud media sobre recursos de alto valor alto de recuperables a medio plazo o bien sobre recursos de valor medio cuando son irreversibles. Asimismo incluye los impactos de magnitud baja sobre recursos de alto valor alto cuando son irreversibles.
- **Impacto compatible (C):** impactos de magnitud alta sobre recursos de un valor medio con posibilidad de recuperación inmediata o bien sobre recursos de bajo valor con recuperación a medio plazo. También se incluyen los impactos de magnitud media sobre recursos de alto valor alto de recuperación inmediata o bien sobre recursos de valor medio cuando son reversibles a medio plazo o bien sobre recursos de valor bajo cuando son irreversibles (es decir, sin posibilidad de ser recuperados). Asimismo incluye los impactos de magnitud baja sobre recursos de alto valor alto de recuperables a medio plazo o bien sobre recursos de valor medio cuando son irreversibles.
- **Sin impacto (N):** en el resto de los casos.

Todo ello se resume en la siguiente tabla, en la que se ha seguido un criterio de colores: rojo = impacto crítico (R), naranja = severo (S), amarillo = moderado (M), verde claro = compatible (C) y verde intenso = sin impacto (N).

Tabla 33.- Tipos de impacto considerados (Fuente: elaboración propia)

Magnitud del impacto	Recuperación	Valor del recurso		
		Alto	Medio	Bajo
Alta	Irreversible	R	S	M
	A medio plazo	S	M	C
	Inmediata	M	C	N
Media	Irreversible	S	M	C
	A medio plazo	M	C	N
	Inmediata	C	N	N
Baja	Irreversible	M	C	N
	A medio plazo	C	N	N
	Inmediata	N	N	N

#### 4.1.3 FICHAS DE LOS IMPACTOS

##### 4.1.3.1 Impactos sobre el medio abiótico

<b>IMPACTO 1: AFECCIÓN DE LA DINÁMICA LITORAL</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
En la playa de Sant Sebastià se aprecia una pérdida paulatina de superficie de playa seca por falta de aportes de arroyos próximos. Se ha analizado las causas de la regresión y se definen una serie de actuaciones para la regeneración y la estabilización de la playa. El objetivo que se persigue con la actuación es una recarga de arena que permita incrementar la anchura de la playa, recuperando perfiles pasados. No obstante, todo ello supone una modificación de la dinámica litoral de la zona que es objeto de análisis en esta ficha.
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
<u>Zona de actuación (regeneración de la playa):</u> en este caso el grado de modificación dependerá fundamentalmente de la presencia del nuevo espigón, cuya función es precisamente la de modificar la dinámica litoral para evitar las regresiones. <u>Zona de extracción de arenas:</u> La fuente de procedencia de la arena es la zona situada frente a la bocana del Puerto de Aiguadolç, en la cual de un modo natural se va acumulando arena como consecuencia de la dinámica litoral, y que comporta la necesidad de dragados periódicos de mantenimiento para garantizar el calado en el canal de acceso.
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
En la valoración de este impacto se ha tenido en cuenta el conjunto de datos que forman parte del Anejo de Dinámica Litoral del Proyecto (e incluido en el apartado 0 de este Documento Ambiental) referidos a: <ul style="list-style-type: none"> <li>La dinámica marina actual.</li> <li>El estado morfodinámico (modal) de la playa actual (tipo de rotura, seguridad del baño).</li> <li>La regresión en una parte de la playa que provoca el transporte de materiales en desequilibrio hacia otras zonas.</li> <li>El volumen aportado de materiales.</li> <li>La anchura de la nueva playa.</li> <li>La nueva línea de playa, sensiblemente paralela a la actual.</li> <li>Las medidas moderadoras previstas a nivel de Proyecto.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
Afecta directamente al medio abiótico. Es de carácter permanente, irreversible e irrecuperable. Además es simple, periódico y discontinuo. <u>Impactos positivos:</u> el principal impacto positivo se relaciona que con la modificación de la dinámica, ya que se evitarán los fenómenos de regresión que no sólo afectan al uso lúdico y recreativo de la playa sino que atentan a la conservación de los bienes públicos. Por otro lado, la pérdida de materiales puede provocar su acumulación en otros puntos, afectando a las comunidades presentes.
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b>
A pesar de todo, se trata de un impacto de intensidad baja tanto en la zona de aportación (ya que la zona no es muy activa, como se ha comentado, con una capacidad potencial de transporte de sedimentos de sólo 1.000 a 2.000 m <sup>3</sup> /año) como en la zona de extracción.
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b>
Todas las medidas preventivas, reductoras y compensatorias han sido incorporadas a nivel de Proyecto, con un diseño de espigones y de planta que minimice las mediciones de materiales, suficientes para cumplir los objetivos planteados.
<b>7. TIPIFICACIÓN</b>
Con anterioridad a la introducción de medidas preventivas, reductoras y compensatorias: IMPACTO COMPATIBLE: es un impacto de baja magnitud en un recurso de valor medio, que resulta irreversible. Con posterioridad a la introducción de medidas preventivas, reductoras y compensatorias: IMPACTO COMPATIBLE: las medidas incorporadas no reducen el valor del recurso ni la irreversibilidad del impacto.
<b>8. SINERGIAS CON OTROS IMPACTOS</b>
Calidad física y química del agua Actividades recreativas y de ocio Comunidades bentónicas (evita la acumulación de los materiales perdidos en la regresión)

<b>IMPACTO 2: MODIFICACIÓN BATIMÉTRICA Y DE LA NATURALEZA DEL SUSTRATO</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
El Proyecto supone la aportación de materiales a la playa, con la cubrición de los actuales, hasta el límite que quede determinado por el espigón de pie de apoyo, lo que modificará la batimetría preoperacional de la zona. Por otro lado, la colocación de escollera sobre fondos blandos para la construcción de los espigones, implicará que en estos puntos se produzca, junto con la alteración de la batimetría, una modificación radical y permanente de la calidad de los sedimentos superficiales.
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
<u>Zona de regeneración:</u> modificación de la batimetría, hasta la zona que alcance el pie de apoyo (-3 a -3,5 m), con materiales de características prácticamente idénticas a los que quedarán cubiertos por la aportación. El mayor cambio corresponderá a la zona ocupada por los espigones. <u>Zona de extracción de arenas:</u> la arena marina será extraída de zonas en las que en la actualidad se produce de modo natural una acumulación excesiva del material sedimentario, de manera que el incremento de profundidades se irá reduciendo paulatinamente por efecto de la dinámica litoral hasta alcanzar las profundidades actuales.
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
En la valoración del impacto se ha tenido en cuenta: <ul style="list-style-type: none"> <li>El volumen total de materiales implicados en la obra (24.030 m<sup>3</sup> de arenas y 5.022 m<sup>3</sup> de escollera).</li> <li>La calidad química de los materiales.</li> <li>Concentración baja de finos en la arena marina (&lt;2,5%).</li> <li>La superficie de fondo afectada (4,69 Ha en la zona de playa y 1,6 Ha en la zona de dragado).</li> <li>La alteración de la naturaleza del sustrato por la introducción de nuevos fondos duros (escollera).</li> <li>Superficie sobre la que se piensa obtener el volumen necesario de materiales de cantera.</li> <li>La eficacia de las medidas preventivas introducidas a nivel de Proyecto, en el que se ha optimizado los volúmenes de materiales.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
Afecta directamente al medio abiótico, pero indirectamente también al biótico. Es de carácter permanente en la zona de aportación y temporal en la zona de dragado. Es un impacto irreversible si bien presenta un cierto grado de recuperación a medio/largo plazo ya que las nuevas capas aflorantes de sedimento tenderán a adquirir con el tiempo y a largo plazo la calidad de los materiales adyacentes recuperando con ello las condiciones iniciales. Además es sinérgico, periódico y continuo. <u>Impactos positivos:</u> la introducción de nuevos fondos duros (escollera) permitirá la instalación de comunidades más productivas y más estructuradas, parecidas a la de los roquedales. En consecuencia, se incrementará la diversidad ecológica del área.
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b>
La intensidad del impacto ha de considerarse como media, ya que las alteraciones de carácter irreversible se producen en fondos de escaso valor y sin la presencia de especies protegidas y afectan a una superficie modesta. La regeneración supone la recuperación de un estado pasado en la playa, por lo que si la comparación obvia la situación actual, es evidente que el impacto ha de ser poco intenso.
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b>
La principal medida preventiva se ha introducido a nivel de Proyecto en el que se ha optimizado y minimizado las mediciones de arena y escollera y la superficie a ocupar.
<b>7. TIPIFICACIÓN</b>
Con anterioridad a la introducción de medidas correctoras IMPACTO MODERADO: se trata de un impacto de magnitud media sobre recursos de valor medio que resulta irreversible. Con posterioridad a la introducción de medidas correctoras IMPACTO MODERADO: ninguna de las medidas reduce el valor del recurso, la magnitud de impacto o su irreversibilidad.
<b>8. SINERGIAS CON OTROS IMPACTOS</b>
Comunidades bentónicas Calidad química y física del agua

IMPACTO 3: ALTERACIÓN DE LA CALIDAD ATMOSFÉRICA Y ACÚSTICA
<p><b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b></p> <p>La calidad atmosférica y acústica en la fase de obras, quedará modificada a consecuencia del incremento de la contaminación atmosférica y ruidos por las emisiones de los vehículos y maquinarias terrestres utilizada en la obra para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de arena marina y de escollera de cantera.</li> <li>• Transporte de los materiales (mediante tubería flotante o draga en el caso de la arena marina y mediante pontona flotante y camión en el caso de la escollera).</li> <li>• Extensión de la arena en la playa.</li> <li>• Colocación de la escollera.</li> <li>• Demoliciones y excavaciones.</li> </ul>
<p><b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b></p> <p>Los impactos se producen en tres ámbitos diferentes y con intensidad desigual para los receptores:</p> <p><u>Zonas de extracción:</u> emisiones procedentes de la extracción y carga de los materiales; se dan en un punto alejado de los núcleos residenciales, tanto en el caso de las escolleras (cantera) como de la arena (fondo marino).</p> <p><u>Zona de accesos:</u> a través de las vías que utilice el transporte terrestre de escollera hasta llegar a la zona de obras; en este caso se da una interacción clara con la población residencial.</p> <p><u>Zona de regeneración:</u> de manera continua durante las obras. Se producen en la proximidad de los núcleos residenciales. Su intensidad depende del tipo de maquinaria utilizada.</p>
<p><b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b></p> <p>En la valoración de este impacto se ha tenido en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El tipo de operaciones que se llevarán durante la obra.</li> <li>• El contenido de materiales pulverulentos (finos) en los materiales de cantera.</li> <li>• El volumen total de materiales de cantera para la construcción de los espigones.</li> <li>• Las condiciones atmosféricas del entorno en cuanto a frecuencia, intensidad y dirección de los vientos.</li> <li>• La distancia a los núcleos de población.</li> <li>• El tipo de vehículos y de maquinaria industrial utilizada.</li> <li>• La intensidad del tráfico en el entorno de la playa y zonas adyacentes del núcleo urbano.</li> <li>• Las vías de acceso y la intensidad urbanística de las zonas afectadas directa o indirectamente.</li> <li>• La frecuencia de paso de camiones.</li> <li>• Horarios de actividad.</li> <li>• Calendario de obras.</li> <li>• La duración de la obra.</li> <li>• El estado de las vías de acceso.</li> <li>• La eficacia de las medidas propuestas para la reducción de los impactos.</li> </ul>
<p><b>4. CARACTERIZACIÓN</b></p> <p>Afecta directamente al medio abiótico e indirectamente (por alteración de la calidad del aire y al bienestar de la población) al medio antrópico.</p> <p>Se produce durante toda la fase de obras y en todos los ámbitos espaciales identificados. Así pues, puede considerarse un impacto de tipo temporal y de carácter reversible y recuperable.</p> <p>Además es sinérgico, periódico y continuo.</p> <p><u>Impactos positivos:</u> no se identifican.</p>
<p><b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b></p> <p>Se trata de un impacto con una intensidad alta. En todo caso, se deberán adoptar una serie de medidas correctoras para controlar la influencia de este impacto, tal como se definen en el apartado correspondiente y que permitirán reducir la magnitud hasta media.</p>
<p><b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b></p> <p>Puesto que la intensidad de este impacto es directamente proporcional al volumen de materiales a utilizar en la obra, la principal medida reductora del impacto está incluida en el Proyecto, en el que se ha optimizado el volumen de arenas y escollera. Se identifican además las siguientes medidas preventivas y reductoras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar la producción de polvo durante el transporte con camión y manipulación de los materiales mediante la utilización de lonas u otro tipo de protecciones, principalmente en las proximidades del núcleo de población.</li> <li>• Evitar la manipulación de materiales en días de viento intenso o desfavorable.</li> <li>• Adoptar las medidas para controlar la emisión de gases por los vehículos y maquinarias: filtros, revisiones, etc.</li> <li>• Elegir vías de acceso y regular tanto el horario como la frecuencia máxima de paso de los camiones destinados al transporte de materiales.</li> <li>• Procurar un mantenimiento adecuado de las vías de acceso para evitar ruidos y vibraciones, principalmente en las proximidades del núcleo de población.</li> <li>• Programa de riegos y barrido de las vías de acceso.</li> <li>• Reducir en lo posible los acopios de materiales en la obra.</li> <li>• Foso para el lavado de las ruedas de los camiones.</li> <li>• Reducir en lo posible el plazo de ejecución.</li> <li>• Realizar las operaciones de mayor impacto fuera de la temporada de baños.</li> </ul>

7. TIPIFICACIÓN
<p>Con anterioridad a la introducción de medidas correctoras</p> <p>IMPACTO COMPATIBLE: es un impacto de magnitud alta sobre recursos de valor medio con posibilidad de recuperación inmediata.</p> <p>Con posterioridad a la introducción de medidas correctoras</p> <p>NULO / SIN IMPACTO: las medidas reductoras (control y reducción de emisiones de gases y polvo...) reducen la magnitud del impacto a media</p>
8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS
<p>Espacios Naturales</p> <p>Actividades recreativas y de ocio</p>

**IMPACTO 4: INCREMENTO DE LA TURBIDEZ EN LA COLUMNA DE AGUA**

**1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO**

Los finos vertidos al medio marino y sometidos a una decantación por gravedad, producen un incremento en la concentración de materiales en suspensión y como consecuencia, los siguientes efectos potenciales teóricos:

- a) una menor penetración de la energía luminosa en la masa de agua que puede afectar a las poblaciones de vegetales dispuestas sobre el fondo,
- b) un efecto estético negativo a causa del incremento de la turbidez ,
- c) una movilización de contaminantes (incluidos los bacterianos) asociados a la fracción fina y que pueden incorporarse a la red trófica (fenómenos de bioacumulación),
- d) alteración de los organismos filtradores situados en áreas próximas a consecuencia de la colmatación de los órganos filtradores.

**2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN**

Zona de aportación de material: la escasa profundidad (valores máximos de -3 a -3,5 m) determina que queden sensiblemente reducidos los tiempos de dispersión aunque probablemente la concentración de partículas en suspensión será más elevada.

Zona de extracción de arena marina (dragado): en la que se pueden aplicar los comentarios que para la zona de regeneración.

**3. CRITERIOS DE VALORACIÓN**

Los criterios de valoración que se han tenido en cuenta han sido:

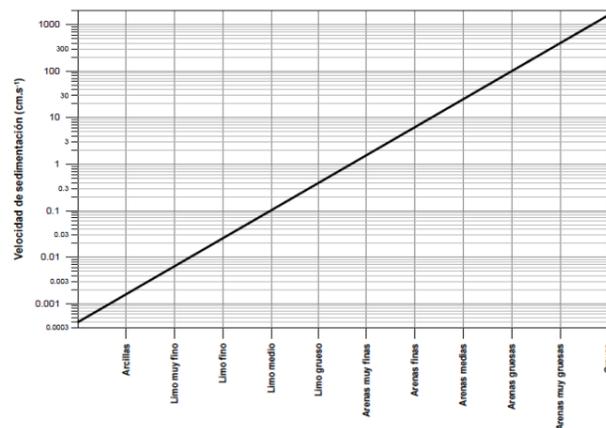
- La pequeña proporción de finos de la arena marina a dragar y a depositar en la playa (< 2,5% en promedio)
- La hidrodinámica de la zona.
- La dispersión de los materiales y la distancia máxima de transporte de la pluma (estimada en <0,5 km en la zona de aportación de acuerdo con la profundidad de la zona y de os resultados de modelación en casos similares).
- El grado de estratificación por densidades de la columna de agua.
- El volumen de materiales descargados en cada ciclo.
- El total de materiales aportados diariamente.
- La velocidad de sedimentación en función del diámetro medio de los materiales y el estado de agregación entre las partículas.
- La profundidad de la zona.
- La calidad del medio en situación preoperacional (en relación a la transparencia del agua y a la concentración de materias en suspensión.
- La época de ejecución de las obras, en relación a la heterogeneidad vertical de la columna.
- La eficacia de las medidas reductoras propuestas.

**Estimación de la longitud de la pluma de dispersión**

Para el cálculo de la velocidad de sedimentación se ha aplicado la expresión de Stokes:

$$V_s = (\sigma - \rho)g\phi^2 / (18\eta)$$

donde  $V_s$  es la velocidad de sedimentación (m/s),  $\sigma$  la densidad de la partículas (kg/m<sup>3</sup>),  $\rho$  la densidad del agua (kg/m<sup>3</sup>) y  $\phi$  el tamaño medio de las partículas. Su aplicación a las variables ambientales de la zona de estudio, se obtiene una relación cuadrática entre la velocidad de sedimentación y el tamaño de la partícula, según indica la siguiente gráfica:



Evidentemente, cuando más grande sea la partícula, mayor es la velocidad de sedimentación. Nos centraremos en la consideración de los finos por dos razones:

- Es la fracción que más tarda en sedimentar y, en consecuencia, la que puede ser transportada más lejos. Al elaborar el modelo con la fracción fina, nos situamos en la banda de la seguridad.
- Los finos serán los materiales que previsiblemente pueden ponerse en suspensión durante el vertido del material (arena y escollera)

**DISTANCIA DE TRANSPORTE**

Asumiendo un fondo uniforme y la velocidad de la corriente promediada en la vertical constante, en el tiempo se puede estimar la longitud (L) de la pluma de dispersión como:

$$L = h \cdot tg\alpha$$

donde h es la profundidad media de la zona de deposición (se ha considerado un valor de 4,5 m, profundidad en la que la densidad de la fanerógama se incrementa) y  $\alpha$  es el ángulo que forma con la vertical la velocidad total a la que están sometidas las partículas (que es la suma vectorial de la velocidad de la corriente  $V_c$  y de la velocidad de sedimentación), de modo que la fórmula pasa a ser:

$$L = h \cdot \frac{V_c}{V_s} = h \frac{V_c}{9,79 \cdot 10^{-7} \Phi^2} \approx 10^6 \frac{hV_c}{\Phi^2}$$

Aceptando que la velocidad de la corriente en sentido transversal (de costa a mar adentro) en la zona tenga un valor en el peor de los casos de 0,06 m/s (para la dirección S, véase apartado 3.5.3.2), la longitud de la pluma, expresada en kilómetros, sería:

$$L = 600.000/\phi^2 \quad [m]$$

siendo  $\phi$  el diámetro de la partícula en  $\mu m$ .

Por consiguiente, a partir de la distancia L de un determinado punto a la zona de obras y de la profundidad h en dicho punto puede determinarse el diámetro a partir del cual de las partículas pueden sedimentar en ese punto (diámetros mayores habrán sedimentado antes). En las siguientes tablas se muestran para qué diámetros de partícula pueden llegar las plumas de dispersión generadas en las zonas de vertido y de dragado hasta los puntos más significativos

**Zona de vertido**

Punto	Distancia L (m)	Profundidad h (m)	Diámetro partícula ( $\mu m$ )
Inicio <i>Cymodocea N.</i>	60	-4	63
Inicio <i>Cymodocea N.</i> más densa	230	-5	37
Límite LIC-ZEPA "Costes del Garraf"	560	-7	27
Inicio <i>Posidonia O.</i>	1.500	-12	22
Límite ZEPA "Baix Llobregat-Garraf"	9.000	-50	18

**Zona de dragado**

Punto	Distancia L (m)	Profundidad h (m)	Diámetro partícula ( $\mu m$ )
Inicio <i>Cymodocea N.</i>	20	-4,5	116
Inicio <i>Cymodocea N.</i> más densa	60	-5,5	74
Límite LIC-ZEPA "Costes del Garraf"	40	-6,5	99
Inicio <i>Posidonia O.</i>	1.500	-12	22
Límite ZEPA "Baix Llobregat-Garraf"	9.000	-50	18

**4. CARACTERIZACIÓN**

Afecta directamente al medio abiótico e indirectamente (por limitación en la disponibilidad de energía) al medio biótico.

Se produce exclusivamente durante la fase de obras (en la que el dragado y vertido de la arena y escollera se realiza a lo largo de sólo 1 mes) y cesa en el momento que finalizan las aportaciones de material. Es, por tanto, un impacto de tipo temporal y de carácter reversible y recuperable.

Además es acumulativo, sinérgico, periódico y continuo.

Impactos positivos: no se identifican.

**5. INTENSIDAD DEL IMPACTO**

Es evidente que la intensidad del impacto está directamente relacionada con el volumen de finos que se aporten al sistema que a la vez es un porcentaje del volumen total de materiales utilizados en la obra. En este caso en el Proyecto se ha desarrollado una alternativa que requiere un pequeño volumen de materiales (24.030 m<sup>3</sup> de arena marina y 5.022 m<sup>3</sup> de escollera y con una arena que tiene muy poco porcentaje de finos (<2,5%). Por otro lado, de acuerdo con los resultados obtenidos con el modelo de dispersión analítico y la comparación entre las concentraciones esperadas y las

<p>actuales el efecto se notará especialmente en las inmediaciones de la obra (franja unos pocos centenares de metros). Por todo ello se concluye que la intensidad del impacto es de moderada.</p> <p>El hecho de que en el pasado se hayan realizado operaciones de idéntica naturaleza de la que se analiza en este estudio, con materiales de características muy parecidas, sin que se haya descrito ninguna perturbación ecológica persistente relacionada con el efecto de los finos sobre el ecosistema demuestra que el impacto que cabe esperar es, en todo caso, de intensidad baja a moderada. Por otro lado, la regresión producida en la playa supone que un volumen de materiales sedimentarios se haya desplazado por encima de las comunidades bentónicas sin que ello haya producido una perturbación significativa en el medio como lo demuestra la cartografía de las comunidades en situación preoperacional.</p> <p>No obstante y pese a todo lo anterior se considerará finalmente una intensidad media.</p> <p>En todo caso, se deberán adoptar una serie de medidas correctoras que permitirán reducir la magnitud hasta baja.</p>
<p><b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b></p> <p>La principal medida ha sido incorporadas a nivel de Proyecto con un diseño que minimiza el volumen de materiales (24.030 m<sup>3</sup> de arenas y 5.022 m<sup>3</sup> de escollera) y el uso de una arena con un bajo porcentaje de finos (&lt;2,5%). Además, se identifican las siguientes medidas preventivas y reductoras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Al ser un impacto de carácter transitorio, la intensidad se relaciona directamente con la duración de la obra. Debe procurarse, por tanto, utilizar medios de capacidad suficiente para que se reduzca el plazo de ejecución.</li> <li>• Se usarán de barreras que eviten la dispersión de finos en la zona de aportación en la playa y en la zona de extracción de arena marina junto al Puerto de Aiguadolç.</li> <li>• Se recomienda que las obras tengan lugar preferentemente fuera de verano, fase con menor interferencia sobre las variables ambientales. No obstante, no se considera una condición determinante en función de la evaluación de impacto.</li> <li>• Se suspenderá la aportación de materiales a la playa en condiciones de agitación del mar que incremento significativamente la distancia de transporte de la pluma. Se considera que las operaciones debieran suspenderse a partir de alturas de ola significativa &gt;1,5 m.</li> </ul>
<p><b>7. TIPIFICACIÓN</b></p> <p>Con anterioridad a la introducción de medidas correctoras                  IMPACTO MODERADO: es un impacto de magnitud media sobre recursos o valores de alta importancia con posibilidad de recuperación a medio plazo.</p> <p>Con posterioridad a la introducción de medidas correctoras                  IMPACTO COMPATIBLE: las medidas introducidas (barreras anti-turbidez) reducen la magnitud del impacto a baja</p>
<p><b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b></p> <p>Comunidades naturales                  Espacios Naturales Protegidos                  Calidad química del agua</p>

<p><b>IMPACTO 5: ALTERACIÓN DE LA CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA</b></p>
<p><b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b></p> <p>Alteraciones químicas de la calidad del agua relacionadas con la incorporación de finos durante la operación de dragado de arenas y de aportación de arenas y escollera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento en la concentración de materia orgánica en el agua por su liberación desde la fracción fina de los sedimentos, a la que se encuentra asociada.</li> <li>• Disminución de la concentración de oxígeno en el agua por oxidación de la materia orgánica que se encuentra en condiciones de reducción.</li> <li>• Incremento en la concentración de nutrientes por mineralización de la materia orgánica pudiendo dar lugar a procesos de eutrofización y de proliferación de especies planctónicas oportunistas y no deseables.</li> </ul> <p>Otras alteraciones debidas a operaciones complementarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación de las aguas por vertidos accidentales de aceites e hidrocarburos de la maquinaria utilizada en la playa.</li> <li>• Resuspensión de materiales durante la colocación de la escollera y vertido de arena.</li> </ul>
<p><b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b></p> <p><u>Zona de aportación:</u> como consecuencia del vertido de arena y escollera.  <u>Zona de extracción de arena marina:</u> como consecuencia del dragado de arena.</p>
<p><b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b></p> <p>En la valoración de este impacto se ha tenido en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El grado de contaminación de los materiales aportados.</li> <li>• El porcentaje de materiales finos que pueden incorporarse a la columna de agua.</li> <li>• El volumen total de materiales implicados en la obra, tanto arenas como escolleras.</li> <li>• El grado de dilución esperado como consecuencia de la dinámica marina.</li> <li>• Las condiciones de óxido reducción positivas en el medio.</li> <li>• La calidad preoperacional del agua. Presenta en este caso una calidad que se corresponde a los valores propios de las aguas litorales mediterráneas sin que se detecte ninguna alteración respecto a los valores de referencia.</li> <li>• El tipo de maquinaria simplificada en las obras.</li> <li>• Las medidas correctoras planteadas para evitar los cambios en la calidad física del agua.</li> </ul>
<p><b>4. CARACTERIZACIÓN</b></p> <p>Afecta directamente al medio abiótico e indirectamente (por incremento de contaminantes, materia orgánica y microorganismos, disminución en la disponibilidad de oxígeno, y alteración en general de la calidad del agua) al medio biótico y socio-económico.</p> <p>Se produce exclusivamente durante la fase de obras. Es, por tanto, un impacto de tipo temporal y de carácter reversible y recuperable.</p> <p>Además es acumulativo, sinérgico, irregular y continuo.</p> <p><u>Impactos positivos:</u> no se identifican</p>
<p><b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b></p> <p>Media pese a que el riesgo de que se trate de materiales contaminados es prácticamente nulo. Por tanto, si los materiales no están contaminados, la resuspensión de finos no puede afectar a la calidad química del agua. Existe la posibilidad de generación de este impacto en la resuspensión de finos que pueda asociarse con la colocación de escollera, que evidentemente es muy limitada. Existe también un riesgo asociado a situaciones accidentales de vertidos de aceites e hidrocarburos la maquinaria. En todo caso, se deberán adoptar una serie de medidas correctoras que permitirán reducir la magnitud hasta baja.</p>
<p><b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b></p> <p>Todas las medidas ya identificadas en el caso del impacto sobre la calidad física de las aguas y tendentes a minimizar la dispersión de los finos ya que ésta es la principal vía de incorporación de contaminantes en el medio marino.</p> <p>En cuanto al vertido de contaminantes diversos y aguas residuales durante las obras, se hace necesario minimizar los riesgos estableciendo una red de control de calidad, durante y después de la actuación, con especial interés en evitar vertidos accidentales.</p>
<p><b>7. TIPIFICACIÓN</b></p> <p>Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras                  IMPACTO MODERADO: es un impacto de magnitud media sobre un recurso de alto valor (la calidad del agua) con una recuperación a medio plazo.</p> <p>Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras                  IMPACTO COMPATIBLE: las medidas (barreras anti-turbidez y empleo de materiales sin contaminación) reducen la magnitud del impacto a baja</p>
<p><b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b></p> <p>Naturaleza del sustrato                  Comunidades naturales                  Espacios Naturales Protegidos                  Recursos pesqueros                  Actividades recreativas y de ocio</p>

4.1.3.2 Sobre el medio biótico

IMPACTO 6: AFECCIÓN A LAS COMUNIDADES NATURALES TERRESTRES
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
En la zona de obtención del material terrestre (escollera) se puede producir la desaparición de las comunidades vegetales. No obstante, el volumen de material requerido es muy pequeño (5.022 m³).
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
De acuerdo con lo expuesto en el apartado anterior, la expresión espacial del impacto se concreta en la <u>zona de obtención de materiales (canteras)</u> .
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
La valoración del impacto sobre las comunidades naturales se ha realizado teniendo en cuenta los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> <li>Las mediciones totales de materiales (5.022 m³ de escollera) que determinan la zona de cantera afectada.</li> <li>La baja complejidad de las comunidades naturales que habitualmente se encuentran en las zonas de canteras del Garraf.</li> <li>Las medidas moderadoras y correctoras que debieron ser incorporadas en el Proyecto de legalización de la cantera que finalmente sea utilizada.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
Afecta directamente al medio biótico. Se produce exclusivamente durante la fase de obras. Es, por tanto, un impacto de tipo temporal y de carácter irreversible pero la recuperación de las comunidades naturales dependerá del programa de restauración de la cantera finalmente empleada. Además es simple, periódico y discontinuo. <u>Impactos positivos:</u> no se identifican
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b>
Es un impacto de intensidad baja.
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b>
Las incluidas en el proyecto de legalización de la cantera que finalmente se emplee.
<b>7. TIPIFICACIÓN</b>
Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras: NULO / SIN IMPACTO: se trata de un impacto de baja magnitud sobre recursos de valor medio con posibilidad de recuperación a medio/largo plazo. Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras, NULO / SIN IMPACTO: las medidas no modifican ninguna de las características del impacto.
<b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b>
No hay

IMPACTO 7: AFECCIÓN A LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
El impacto es diferente en cada zona de actuación. <u>Zona de extracción de arena marina (dragado):</u> se producirá la destrucción de los individuos existentes en la arena que sea dragada. <u>Zona de regeneración (vertido de arena y escollera):</u> colmatación de las comunidades bentónicas actuales con materiales azoicos de procedencia marina de una granulometría muy similar (caso de la arena) y de materiales azoicos de procedencia terrestre (caso de las escolleras). En las parcelas ocupadas por la construcción de los espigones, las comunidades no tendrán capacidad de recuperación ya que la zona quedará cubierta por materiales duros que serán colonizados por comunidades de características totalmente diferentes. <u>Zonas próximas a la obra (tanto dragado como vertido):</u> podrá producirse una colmatación de las comunidades superficiales a causa de la dispersión de finos, en una amplitud determinada por la pluma de dispersión, si bien ésta será bastante limitada.
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
De acuerdo con lo expuesto en el apartado anterior, la expresión espacial del impacto se concreta en: <u>Zona de extracción de arena marina (dragado)</u> <u>Zona de vertido de material y área de influencia de la pluma de dispersión</u>
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
La valoración del impacto sobre las comunidades bentónicas se ha realizado teniendo en cuenta los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> <li>Las superficies afectadas en las diferentes zonas de actuación (1,6 Ha en la zona de dragado y 4,69 Ha en la playa de Sant Sebastià, de las cuales 0,45 Ha corresponden al espigón y 4,24 Ha a la aportación de arena).</li> <li>Las mediciones totales de materiales (24.030 m³ de arena marina y 5.022 m³ de escollera) que determinan, en último término, la superficie y el espesor medio de la capa en la zona de regeneración.</li> <li>El bajo porcentaje de finos (&lt;2,5% en el caso de la arena marina).</li> <li>La baja complejidad de las comunidades que colonizan las zonas de actuación en la situación preoperacional (a excepción de la <i>Cymodocea Nodosa</i>, que es objeto de estudio en el Impacto 9).</li> <li>La capacidad de recuperación de las poblaciones bentónicas de sustrato blando sin cobertura vegetal, que es muy elevada: en un plazo máximo de un año las nuevas capas aflorantes de aportación quedarán colonizadas por comunidades de características muy parecidas a las iniciales.</li> <li>La modificación esperada en la calidad física y química del agua a través de la suspensión de los materiales finos.</li> <li>Las medidas moderadoras y correctoras incorporadas en el Proyecto.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
Afecta directamente al medio biótico. Es de carácter permanente e irreversible, si bien en la zona de excavación y de aportación de arenas, el impacto es recuperable a medio/largo plazo pero en las parcelas ocupadas por los espigones es irrecuperable. Además es acumulativo, periódico y continuo. <u>Impactos positivos:</u> el espigón será actuará como arrecifes que podrá ser paulatinamente colonizado por comunidades de sustrato duro, de mayor complejidad y productividad que los de carácter blando y que podrían permitir un mayor desarrollo de ciertas especies neríticas.
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b>
Es un impacto de intensidad alta, pese a que la superficie dañada es modesta y se afecta únicamente a comunidades de sustrato blando, con una elevada capacidad de recuperación excepto en las áreas ocupadas por los espigones.
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b>
El Proyecto: contiene medidas preventivas del impacto: <ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño de obras de defensa de carácter biogénico.</li> <li>Optimización del diseño reduciendo el volumen de escollera y arena.</li> </ul> Se proponen además las siguientes medidas adicionales, encaminadas a evitar la dispersión y transporte de los materiales finos, que ayudan a mitigar el impacto sobre las comunidades bentónicas. <ul style="list-style-type: none"> <li>Todas las medidas ya identificadas en el caso de los impactos sobre la calidad física y química del agua.</li> <li>La restauración de la cantera de obtención de escollera, lo que puede considerarse como una medida compensatoria de la biomasa perdida.</li> </ul>
<b>7. TIPIFICACIÓN</b>
Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras: IMPACTO SEVERO: es un impacto de alta magnitud sobre recursos de importancia media en general de carácter irreversible (aunque no se ha tenido en cuenta en la valoración el hecho que en la zona de aportación de arena existe la posibilidad de recuperación a medio/largo plazo). Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras, IMPACTO SEVERO: el diseño reducido de la actuación con espigones de carácter biogénico (que permiten la

<p>posibilidad de recuperación a medio plazo) en parte de la zona afectada podrían permitir la consideración de una reducción de la magnitud del impacto a media, lo que permitiría calificar el impacto como MODERADO; no obstante se prefiere mantener la magnitud del impacto como alta y por tanto su carácter Severo.</p>
<p><b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b></p>
<p>Calidad del agua Calidad de los sedimentos Recursos pesqueros Espacios Naturales Protegidos</p>

IMPACTO 8: AFECCIÓN A LAS COMUNIDADES PLANCTÓNICAS Y NERÍTICAS
<p><b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b></p> <p>Las comunidades planctónicas (constituidas por organismos de pequeño tamaño que flotan en el agua) y neríticas (constituidas por los organismos nadadores cerca de la costa, principalmente peces) viven inmersas en el medio marino por lo que son las primeras directamente afectadas por las alteraciones que sufra la calidad del agua en sus diferentes aspectos.</p> <p>Las alteraciones en estas comunidades se deben, por tanto, a cualquier efecto que provoque una alteración de la calidad física del agua –por la dispersión de finos-, o en su calidad química –por el vertido de contaminantes-, como los ya discutidos sus respectivos apartados.</p> <p>Este impacto es independiente del origen de los materiales utilizados aunque como ya se ha comentado, las escolleras estarán exentas de contaminación.</p>
<p><b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b></p> <p><u>Zona de regeneración (vertido)</u> <u>Zona de extracción de arenas (dragado)</u></p>
<p><b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b></p> <p>La valoración del impacto sobre las comunidades planctónicas y neríticas se ha realizado teniendo en cuenta los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Las características de las comunidades en su situación actual.</li> <li>La proporción de finos en los sedimentos (&lt;2,5 %) y, con ella, la capacidad de alteración de la calidad del agua.</li> <li>La no contaminación de los materiales utilizados en la obra.</li> <li>La época de realización de las operaciones marítimas.</li> </ul>
<p><b>4. CARACTERIZACIÓN</b></p> <p>Afecta indirectamente al medio biótico (a través de la modificación de la turbidez y calidad química del agua). Tiene lugar durante el dragado y la aportación de materiales a la playa, por lo que es de tipo temporal y de carácter reversible y recuperable.</p> <p>Además es acumulativo, sinérgico, periódico y continuo.</p> <p><u>Impactos positivos:</u> el nuevo espigón actuará como arrecife que podrá ser poblado por comunidades bentónicas que podrían permitir un mayor desarrollo de ciertas especies neríticas</p>
<p><b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b></p> <p>Es un impacto de media intensidad ya que las poblaciones afectadas presentan un grado bajo de complejidad y madurez.</p> <p>Por otro lado, dada la movilidad de las comunidades neríticas, durante la fase de afectación más intensa éstas pueden migrar a otras áreas para encontrar condiciones más favorables.</p> <p>En cuanto a las planctónicas, existe una alta posibilidad de recuperación para estas poblaciones debido a su elevada capacidad de adaptación y aportación.</p> <p>En todo caso, se deberán adoptar una serie de medidas correctoras que permitirán reducir la magnitud hasta baja.</p>
<p><b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b></p> <p>Todas las medidas ya descritas en los apartados correspondientes, encaminadas a evitar el empeoramiento de la calidad de las aguas en sus diferentes aspectos.</p>
<p><b>7. TIPIFICACIÓN</b></p> <p>Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras IMPACTO COMPATIBLE: se trata de un impacto de magnitud media sobre recursos de valor medio (no se han detectado especies con un elevado interés ecológico) con posibilidad de recuperación a medio plazo.</p> <p>Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras NULO / SIN IMPACTO: las medidas implantadas (uso de barreras anti-polución y materiales exentos de contaminación) permiten reducir la magnitud a baja.</p>
<p><b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b></p> <p>Calidad del agua Calidad de los recursos pesqueros Espacios Naturales Protegidos</p>

IMPACTO 9. AFECCIÓN A HÁBITATS PROTEGIDOS (CYMODOCEA NODOSA) FUERA DE ESPACIOS PROTEGIDOS
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
<p>En el entorno de la obra pero fuera del Espacio Natural Protegido denominado "Costes del Garraf" (LIC y ZEPa con código ES5110020), destaca la presencia de 'manchas de la fanerógama <i>Cymodocea Nodosa</i>', hábitat incluido en 2011 en el 'Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial' y que por tanto debe ser protegido. En este caso se sitúa a partir de la isóbata -3,5 m/ -4 m, a unos 60 m al sur de la obra (espigón) y a unos 20 m de la zona de dragado, si bien el límite de la zona mayor densidad y riqueza se encuentra a unos 220 m al sur del espigón (a la cota -5 m) y a 60 m a poniente de la zona de dragado (a la cota -5,5 m). Esta especie fanerógama rizomatosa, además de estabilizar el sustrato con su sistema radicular, sirve como soporte para una gran cantidad de algas filamentosas e invertebrados, que se instalan sobre sus hojas, y como lugar de desarrollo de una gran cantidad de alevines y juveniles de peces propios de los fondos rocosos, que encuentran aquí un ambiente propicio, con abundancia de alimento y sin los depredadores de las zonas rocosas, por lo que tiene gran valor ambiental.</p> <p>El impacto podrá consistir en una eventual colmatación de las comunidades superficiales a causa de la dispersión de finos, en una amplitud determinada por la pluma de dispersión, que en cualquier caso será moderada dado el bajo volumen de materiales dragados y vertidos (24.030 m<sup>3</sup> de arena de origen marino y 5.022 m<sup>3</sup> de escollera) y el escaso porcentaje de finos de los materiales empleados (2,5% en el caso de la arena), si bien la pequeña distancia entre la zona de actuación y las praderas de <i>Cymodocea</i>, garantiza que la decantación de gran parte del material fino se produzca en la zona con presencia de esta fanerógama. Así a la zona de mayor densidad de <i>Cymodocea</i> (y por tanto de mayor riqueza) podrían llegar todas las partículas finas puestas en suspensión durante las operaciones de dragado, y las de un tamaño menor a 37 µm puestas en suspensión durante las operaciones de vertido.</p>
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
Zonas con presencia de <i>Cymodocea Nodosa</i> .
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
<p>La valoración del impacto se ha realizado teniendo en cuenta los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Superficie afectada (franja contigua a la zona de dragado y a la zona de vertido de arena y escollera hasta la cual pudiera llegar la pluma de dispersión).</li> <li>Las mediciones totales de materiales (24.030 m<sup>3</sup> de arena de origen marino y 5.022 m<sup>3</sup> de escollera) que determinan, en último término, el volumen de finos puestas en suspensión.</li> <li>El bajo porcentaje de finos (2,5% en el caso de la arena).</li> <li>La modificación esperada en la calidad física y química del agua por la suspensión de los materiales finos.</li> <li>El hecho que la actuación haya sido diseñada de manera que las praderas de esta especie no sean afectadas directamente por la obra y sólo indirectamente a través de la dispersión de los finos. Además la <i>Cymodocea</i> es sólo afectada gravemente en caso de ser enterrada y tiene gran tolerancia a los incrementos de turbidez del agua.</li> <li>Las medidas moderadoras y correctoras incorporadas en el Proyecto.</li> <li>La no contaminación de los materiales utilizados en la obra.</li> <li>El calendario de obras (época y duración) y en especial la época de realización de las operaciones marítimas.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
<p>Afecta indirectamente al medio biótico (a través de la colmatación por finos puestas en suspensión). Tiene lugar durante el dragado y la aportación de materiales a la playa, por lo que es de tipo temporal y de carácter reversible y recuperable, pues en cualquier caso el grado de colmatación será escaso. Además es acumulativo, sinérgico, periódico y continuo.</p> <p>Impactos positivos: no se identifican</p>
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b>
<p>Es un impacto de intensidad media o moderada ya que sólo afecta a la <i>Cymodocea</i> indirectamente, a través de la dispersión de finos y el volumen total de material puesto en suspensión no es importante (unos 600 m<sup>3</sup>)</p> <p>En todo caso, se deberán adoptar una serie de medidas correctoras que permitirán reducir la magnitud hasta baja.</p>
<b>6. TIPIFICACIÓN</b>
<p>Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras  <b>IMPACTO MODERADO:</b> se trata de un impacto de magnitud moderada sobre recursos de valor alto con posibilidad de recuperación a medio plazo.</p> <p>Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras  <b>IMPACTO COMPATIBLE:</b> las medidas (barreras anti-contaminación y materiales con bajo % de finos) reducen la magnitud del impacto a baja.</p>
<b>7. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b>
<p>Se incluyen todas las medidas, ya descritas en los apartados correspondientes, encaminadas a evitar el empeoramiento de la calidad de las aguas en sus diferentes aspectos y a reducir el impacto sobre las comunidades naturales de la zona de actuación (impactos 4, 5 y 7).</p>
<b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b>
<p>Calidad del agua                  Calidad de los recursos pesqueros                  Comunidades naturales</p>

IMPACTO 10: AFECCIÓN A ESPECIES PROTEGIDAS (TORTUGA BOBA, DELFÍN MULAR Y POSIDONIA OCEANICA) DENTRO DE LOS ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b>
<p>De los espacios naturales protegidos próximos a las obras, se considera que el único susceptible de ser afectado de un modo significativo por su proximidad a la zona de actuación es el denominado Espacio "Costes del Garraf" (LIC y ZEPa con código ES5110020)</p> <p>Por un lado el "Espacio marino del Baix Llobregat-Garraf" (ZEPa con código ES0000513) se encuentra a más de 9 km de la zona de obras por lo que de las partículas finas puestas en suspensión durante las operaciones de dragado y vertido solamente podrían llegar las de un tamaño menor a 18 µm lo cual es una fracción del todo insignificante y por otro lado el Espacio Natural "Serres del Litoral Central" (LIC y ZEPa con código ES5110013) es exclusivamente terrestre por lo que su afección es totalmente menor (como mucho el causado por los camiones que transporten la escollera a ejecutar por medios terrestres, que supone un volumen de 819 m<sup>3</sup>, es decir, 68 viajes de camiones). Por todo ello no serán considerados en esta ficha. Adicionalmente podría producirse un efecto indirecto a la avifauna por una posible afección sobre la fuente de alimentación de dichas especies, por la afección de los recursos pesqueros en las zonas de dragado y vertido de áridos, pero dada la movilidad de dichos recursos pesqueros y el escaso volumen de finos puestas en suspensión se considera poco probable y en cualquier caso muy poco intenso como para poder ser tenido en cuenta.</p> <p>El Espacio "Costes del Garraf" (LIC y ZEPa con código ES5110020) está caracterizado principalmente por la presencia de la fanerógama marina <i>Posidonia oceanica</i>, especie mamífera de interés comunitario como la tortuga boba (1224* <i>Caretta caretta</i>) y el delfín mular (1349 <i>Tursiops truncatus</i>), además de <i>Cymodocea Nodosa</i>, recursos ictiológicos y numerosas especies de aves marinas.</p> <p>La tortuga boba y el delfín mular son especies de tipo oceánica, por lo que difícilmente se encuentran en zonas litorales y por tanto en la zona susceptible de ser afectada por las obras. Aun así se analizará su eventual afección en esta ficha.</p> <p>Asimismo se analizará la posible afección a la otra especie protegida más importante del LIC, la <i>Posidonia oceanica</i>.</p> <p>Como la afección sobre la <i>Cymodocea Nodosa</i> (especie también protegida) ya ha sido analizada en el Impacto 9) en la presente ficha no será tenida en cuenta.</p> <p>El impacto podría consistir en</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>una reducción de la calidad física (por incremento de la turbulencia) y química (por vertido de posibles contaminantes incluidos en el material de aportación y por el derrame accidental de hidrocarburos) que eventualmente podría llegar a afectar a ejemplares de dichas especies que durante las obras estuviesen en el ámbito de influencia (como se ha dicho, poco probable en el caso de tortuga boba y el delfín mular). En cualquier caso los diámetros del material sedimentario que por dispersión pueden llegar al límite norte del Espacio Natural Protegido ES5110020 son 99 µm en el caso de la zona de dragado y 27 µm en el caso de la zona de vertido.</li> <li>una eventual colmatación las comunidades de <i>Posidonia O.</i> a causa de la dispersión de finos, en una amplitud determinada por la pluma de dispersión, que en cualquier caso no será importancia dado: i) el poco porcentaje de finos del material mayoritariamente empleado, la arena dragada y vertida (&lt;2,5 %), ii) los volúmenes moderados de materiales dragados (en el caso de la arena) y vertidos: 24.030 m<sup>3</sup> de arena de origen marino y 5.022 m<sup>3</sup> de escollera y iii) la distancia entre el límite de la <i>Posidonia O.</i> y las zonas de obras (1,5 km) de manera que solamente podrán sedimentar partículas con diámetro inferior a 22 µm, que suponer una fracción muy menor del sedimento.</li> </ul>
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b>
Área norte Espacio Natural Protegido ES5110020 (situado a 40 m en el extremo sur de la zona de dragado y a 560 m de la zona de vertido)
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>
<p>La valoración del impacto se ha realizado teniendo en cuenta los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Superficie afectada ((franja contigua a la zona de dragado y a la zona de vertido de arena y escollera hasta la cual pudiera llegar la pluma de dispersión).</li> <li>Las mediciones totales de materiales vertidos al mar (24.030 m<sup>3</sup> de arena de origen marino y 5.022 m<sup>3</sup> de escollera) que determinan, en último término, el volumen de finos puestas en suspensión.</li> <li>El porcentaje de finos (&lt;2,5% en el caso de la arena marina).</li> <li>La modificación esperada en la calidad física y química del agua a través de la suspensión de los materiales finos.</li> <li>Las medidas moderadoras y correctoras incorporadas en el Proyecto.</li> <li>La no contaminación de los materiales utilizados en la obra.</li> <li>El calendario de obras (época y duración) y en especial la época de realización de las operaciones marítimas.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b>
<p>Afecta indirectamente al medio biótico (a través de la modificación de la turbidez y calidad química del agua para todas las especies y a través de la colmatación por finos puestas en suspensión en el caso de la <i>Posidonia O.</i>).</p> <p>Tiene lugar durante el dragado y la aportación de materiales a la playa y por lo tanto es de tipo temporal y</p>

<p>carácter reversible y recuperable, pues en cualquier caso el grado de colmatación será escaso. Además es acumulativo, sinérgico, periódico y continuo. Impactos positivos: no se identifican</p>
<p><b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>En el caso de la afección a la tortuga boba y el delfín mular es un impacto de intensidad baja o mínima pues se trata de una afección improbable y en caso de presencia en la zona antes del inicio de la obra, ambas especies, dada su movilidad, pueden migrar a otras áreas para encontrar condiciones más favorables.</li> <li>En el caso de la afección a la <i>Posidonia O.</i> es un impacto de intensidad media o moderada ya que se trata de una afección indirecta, a través de la dispersión de finos y el volumen de finos (&lt; 0,063 µm) puestos en suspensión es muy reducido (600 m³), de los cuales la fracción inferior a 22 µm y que por tanto puede alcanzar las praderas es una fracción muy menor.</li> </ul> <p>Por consiguiente se considerará la intensidad más desfavorable de las dos: media. En todo caso, se deberán adoptar una serie de medidas correctoras que permitirán reducir la magnitud hasta baja.</p>
<p><b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b></p> <p>Se incluyen todas las medidas, ya descritas en los apartados correspondientes, encaminadas a evitar el empeoramiento de la calidad de las aguas en sus diferentes aspectos y a reducir el impacto sobre las comunidades naturales de la zona de actuación (impactos 4, 5 y 7). Adicionalmente se incluyen las siguientes medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Paralización de las obras en caso de avistamiento de ejemplares de algún ejemplar de tortuga boba o delfín mular en el entorno de la obra.</li> <li>La zona de extracción de las arenas ha sido limitada al sector más septentrional (entre el puerto de Aiguadolç y las manchas de <i>Cymodocea Nodosa</i>) y se prohíbe el empleo del sector más meridional, que está en contacto con el Espacio Natural Protegido.</li> </ul>
<p><b>7. TIPIFICACIÓN</b></p> <p>Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras IMPACTO MODERADO: Impacto de magnitud moderada sobre recursos de valor alto con posibilidad de recuperación a medio plazo. Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras IMPACTO COMPATIBLE: las medidas (barreras anti-contaminación y materiales con bajo % de finos) reducen la magnitud del impacto a baja.</p>
<p><b>8. SINERGIAS CON OTROS IMPACTOS</b></p> <p>Calidad del agua Calidad de los recursos pesqueros Comunidades naturales</p>

<p align="center"><b>IMPACTO 11: AFECCIÓN AL RESTO DE ESPECIES DE LOS ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS</b></p>
<p><b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b></p> <p>Tal como se ha comentado en el Impacto 10, se descarta la afección al Espacio Natural "Espacio marino del Baix Llobregat-Garraf" (ZEPA con código ES0000513) por su distancia a la zona de obras (se encuentra a más de 9 km).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Por lo que respecta al Espacio Natural "Costes del Garraf" (LIC y ZEPA con código ES5110020) la afección a sus especies más importantes (tortuga boba, delfín mular y <i>Posidonia O.</i>) ya fue analizada en el Impacto 10 por lo que en la presente ficha se analizarán el resto de comunidades (bentónicas y neríticas fundamentalmente con excepción de la <i>Cymodocea N.</i> ya estudiada en el Impacto 9) en la zona hasta donde alcance la pluma de dispersión de los finos incluidos en la escollera y arena vertida y dragada. El impacto podrá consistir en una eventual colmatación de las comunidades bentónicas a causa de la dispersión de finos, en una amplitud determinada por la pluma de dispersión, que en cualquier caso no será importancia dado el poco porcentaje de finos de los materiales empleados (2,5 % en el caso de la arena) y el escaso volumen de materiales puestos en juego. Por otro lado, tal como ya se ha dicho, las comunidades planctónicas y neríticas viven inmersas en el medio marino por lo que son las primeras directamente afectadas por las alteraciones que sufra la calidad del agua, tanto física –por la dispersión de finos– como química –por el vertido de contaminantes–, si bien los materiales utilizados estarán exentos de contaminación.</li> <li>Por lo que respecta al Espacio Natural "Serres del Litoral Central" (LIC y ZEPA con código ES5110013), que es 100% terrestre, la afección se producirá exclusivamente por el transporte terrestre de la escollera desde la cantera hasta la zona de obra, ya que la cantera se encuentra fuera de los límites de dicho espacio. Además como la obra se ha concebido fundamentalmente con medios marítimos, el volumen de escollera transportado por carretera es de 819 m³, es decir, 68 viajes de camiones). El impacto consistirá en la afección a la calidad del aire por generación de ruido y polvo que indirectamente afectarán a las especies presentes en el Espacio Natural. Debe comentarse que el transporte se efectuará por la carretera C-31, que habitualmente es utilizada por otros muchos vehículos, tanto automóviles como camiones.</li> </ul>
<p><b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b></p> <p><u>Franja contigua a la zona de vertido de arenas y escollera</u> hasta la cual pudiera llegar la pluma de dispersión y <u>franja contigua a la carretera C-31</u>.</p>
<p><b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b></p> <p>La valoración del impacto se ha realizado teniendo en cuenta los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Superficie afectada: en el caso del Espacio Natural "Costes del Garraf" la franja contigua a la zona de vertido de arena y escollera hasta la cual pudiera llegar la pluma de dispersión) y en el caso del Espacio Natural "Serres del Litoral Central" la zona contigua a la carretera C-31.</li> <li>Las mediciones totales de materiales vertidos y/o dragados al mar (24.030 m³ de arena de origen marino y 5.022 m³ de escollera) y el bajo porcentaje de finos (2,5 % en el caso de la arena) que determinan, en último término, el volumen de finos puestos en suspensión.</li> <li>Las mediciones de la escollera transportada por camión (819 m³).</li> <li>La modificación esperada en la calidad física y química del agua a través de la suspensión de los materiales finos.</li> <li>El hecho que la carretera C-31 sea frecuentemente empleada por otros vehículos.</li> <li>Las medidas moderadoras y correctoras incorporadas en el Proyecto.</li> <li>La no contaminación de los materiales utilizados en la obra.</li> <li>El calendario de obras (época y duración) y en especial la época de realización de las operaciones marítimas.</li> </ul>
<p><b>4. CARACTERIZACIÓN</b></p> <p>En el caso del Espacio Natural "Costes del Garraf" afecta indirectamente al medio biótico (a través de la colmatación por finos puestos en suspensión). En el Espacio Natural "Serres del Litoral Central" afecta directamente al medio abiótico (calidad del aire, lo cual ya fue analizado en el Impacto 3) e indirectamente al medio biótico. En ambos se produce durante la aportación de materiales a la playa y por lo tanto es de tipo temporal y de carácter reversible y recuperable. Además es acumulativo, periódico y continuo. Impactos positivos: no se identifican</p>
<p><b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>En el caso del Espacio Natural "Costes del Garraf" es un impacto de intensidad media o moderada ya que sólo afecta a las especies bentónicas indirectamente, a través de la dispersión de finos (además dichas especies afectadas tienen un interés ambiental menor pues las de mayor importancia ya han sido analizadas en los impactos 9 y 10). Por otro lado las comunidades neríticas, dada su movilidad, durante la fase de afectación más intensa pueden migrar a otras áreas para encontrar condiciones más favorables. En cuanto a las planctónicas, existe una alta posibilidad de recuperación para estas poblaciones debido a su elevada capacidad de adaptación y regeneración. En todo caso, se deberán adoptar una serie de medidas correctoras que permitirán reducir la magnitud hasta baja</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>En el caso del Espacio Natural "Serres del Litoral Central" es un impacto de intensidad baja dado el escaso número de viajes de camión que provocarán la contaminación acústica (debe tenerse en cuenta que el impacto directo en la calidad del aire ya fue analizado en la ficha 3 y por tanto no es objeto de este impacto).</li> </ul>
<p><b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b></p> <p>Se incluyen todas las medidas, ya descritas en los apartados correspondientes, encaminadas a evitar el empeoramiento de la calidad de las aguas en sus diferentes aspectos y a reducir el impacto sobre las comunidades naturales de la zona de actuación (impactos 3, 4, 5 y 7).</p>
<p><b>7. TIPIFICACIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>En el caso del Espacio Natural "Costes del Garraf":                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras IMPACTO COMPATIBLE: es un impacto de magnitud media sobre recursos de valor medio con posibilidad de recuperación a medio plazo.</li> <li>Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras NULO / SIN IMPACTO: las medidas (barreras anti-contaminación y materiales con bajo % de finos) reducen la magnitud del impacto a baja.</li> </ul> </li> <li>En el caso del Espacio Natural "Serres del Litoral Central":                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras NULO / SIN IMPACTO: es un impacto de magnitud baja sobre recursos de valor medio con posibilidad de recuperación inmediata.</li> <li>Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras NULO / SIN IMPACTO: las medidas no modifican las características del impacto.</li> </ul> </li> </ul> <p>Por consiguiente se considerarla la tipificación del impacto sobre el Espacio Natural "Costes del Garraf" por ser la más desfavorable.</p>
<p><b>8. SINERGIAS CON OTROS IMPACTOS</b></p> <p>Calidad del agua Calidad de los recursos pesqueros Comunidades naturales</p>

#### 4.1.3.3 Sobre el medio antrópico

<b>IMPACTO 12: ALTERACIÓN DEL PAISAJE</b>
<p><b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b></p> <p>La valoración de este impacto, que trata de medir la intensidad de los cambios producidos en relación a la situación preoperacional, implica elementos significativos de subjetividad. Los impactos sobre este vector ambiental se producen a partir del mismo momento del inicio de las obras, con la ocupación de la zona de obras, la introducción de nuevos elementos de artificialización (espigón, si bien es sumergido) y la modificación de la anchura de la playa. Como consecuencia, el territorio (que es la resultante histórica de la introducción de diversos elementos artificiales) se transformará ya desde el inicio. Por otro lado, en la zona de obtención de la escollera (cantera) también se producirá un impacto paisajístico significativo a consecuencia de la modificación de la topografía.</p>
<p><b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b></p> <p><u>Zona de extracción de materiales:</u> la retirada de la escollera de cantera implicará necesariamente un cambio en la morfología actual de esta zona, si bien los volúmenes implicados son pequeños.</p> <p><u>Zona de regeneración:</u> alteración del aspecto actual de la línea de playa aunque supone recuperar un estado del pasado. Introduce además elementos nuevos de artificialización (espigón). No obstante su presencia se ve mitigada ya que se han diseñado sumergidos (a la cota -0,25 m en el tramo inicial y a la cota -2,00 en el tramo final). Además existen otros espigones próximos visibles desde la zona de actuación (los de las playas situadas a poniente y los del Puerto de Aiguadolç a levante).</p>
<p><b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b></p> <p>En la valoración de este impacto se ha tenido en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La riqueza de elementos actuales en el paisaje (diversidad).</li> <li>La presencia de elementos sobresalientes (singularidad).</li> <li>La importancia de los elementos naturales en el conjunto (grado de naturalidad).</li> <li>La complejidad topográfica de los nuevos elementos.</li> <li>La riqueza de colores y su valor disruptor.</li> <li>La importancia de la componente antrópica en el nuevo elemento.</li> <li>El fondo escénico.</li> <li>La situación de las nuevas estructuras con respecto a las ya existentes.</li> <li>La amplitud de la cuenca visual, es decir el conjunto de puntos desde los que se podrán observar las nuevas estructuras (sumergidas).</li> <li>La incidencia visual: tipo, configuración y altura de las nuevas estructuras (sumergidas).</li> <li>Longitud de las nuevas infraestructuras (espigones).</li> <li>Número de obras de defensa emergidas (ninguna).</li> <li>El color de la arena y su granulometría (muy similar a la nativa).</li> <li>La eficacia de las medidas moderadoras y correctoras propuestas.</li> </ul>
<p><b>4. CARACTERIZACIÓN</b></p> <p>Afecta directamente al medio abiótico</p> <p>Es de carácter permanente, aunque se manifestará de manera paulatina a lo largo de las obras. Es, por tanto, un impacto irreversible pero recuperable a medio/largo plazo pues se integrará paulatinamente en la situación actual.</p> <p>Además es simple, periódico y continuo.</p> <p><u>Impactos positivos:</u> la zona de actuación pasa de tener un aspecto erosionado, con escasa arena, al de una playa amplia con arena suficiente.</p>
<p><b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b></p> <p>Se trata de un impacto de baja intensidad ya que la nueva infraestructura (espigón) es sumergida y la arena tiene el mismo aspecto que la nativa, por lo que la alteración será mínima en un paisaje ya de por sí modificado. Lo mismo sucede en el caso de la amplitud de la nueva playa, que implica recuperar una situación del pasado.</p>
<p><b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b></p> <p>Las principales medidas reductoras del impacto han sido introducidas a nivel de Proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño de la actuación con dimensiones reducidas.</li> <li>Diseño de obras de defensa y sumergidas.</li> </ul> <p>Se proponen otras medidas adicionales dirigidas a procurar una mejor integración de la obra en el entorno. Incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Uso de arena del mismo color a la existente actualmente en la playa a regenerar.</li> <li>Limpieza de la obra.</li> <li>Obtención de los materiales en una cantera autorizada de modo que disponga de plan de restauración que permita corregir las alteraciones producidas por la obra.</li> </ul>
<p><b>7. TIPIFICACIÓN</b></p> <p>Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras (en este caso ya se tiene en cuenta la medida principal, que es el diseño de la actuación, con unas dimensiones menores, espigón sumergido y arena del mismo aspecto que la nativa, pues todo ello es intrínseco al análisis de este impacto y se ha tenido en cuenta en la valoración de su intensidad o magnitud):</p>

<p>IMPACTO COMPATIBLE. Impacto de magnitud baja sobre recursos de un valor alto con posibilidad de recuperación a medio plazo.</p> <p>Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras</p> <p>IMPACTO COMPATIBLE: las medidas no reducen ni la intensidad del impacto, ni el valor del recurso ni su velocidad de recuperación.</p>
<p><b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b></p>
<p>Medio antrópico</p>

IMPACTO 13: ALTERACIÓN DE LOS RECURSOS PESQUEROS
<p><b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b></p> <p>Los recursos pesqueros de interés económico forman parte de las comunidades naturales y, por tanto, los impactos que reciben son asimilables a los descritos en el apartado anterior: los bivalvos de interés comercial pueden situarse en el ámbito de las comunidades bentónicas y la pesca en el ámbito de las comunidades neríticas. La biología de estos organismos y la internalización del impacto es indiferente del aprovechamiento por parte del hombre. Por tanto, se identifican dos grupos principales de acciones negativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectación indirecta de la calidad de los recursos a través de la movilización de finos y alteración de la calidad física y química del agua.</li> <li>• Destrucción directa de recursos ya que la zona de aportación de materiales resultará modificada por la obra, con alteración de los fondos</li> </ul>
<p><b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b></p> <p><u>Zona de regeneración:</u> se relacionan con la modificación de la calidad del agua, la alteración de la naturaleza del sustrato y la cubrición de los materiales actuales por los aportados durante el proceso de regeneración.</p> <p><u>Zona de extracción de arena:</u> mismos comentarios que en la zona de regeneración.</p>
<p><b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b></p> <p>En la valoración del impacto sobre los recursos renovables explotados en la zona se ha tenido en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La localización de los caladeros y arrecifes artificiales en relación a los ámbitos de la obra (a más de 1,5 km).</li> <li>• La calidad, el estado de conservación y el valor comercial de los caladeros.</li> <li>• La inexistencia en la zona de zonas de producción y protección o mejora de moluscos.</li> <li>• La profundidad de calado de los artes (superior a 5 metros).</li> <li>• La intensidad de los cambios previstos en la calidad del agua y de los sedimentos que repercuten en último término en la disponibilidad de recursos tróficos.</li> <li>• El volumen de materiales de aportación (24.030 m<sup>3</sup> de arena marina y 5.022 m<sup>3</sup> de escollera).</li> <li>• La calidad de los materiales, en especial el porcentaje de finos (&lt;2,5% en el caso de las arenas marinas).</li> <li>• La época de realización de la obra en relación a la época de freza ya que las puestas de algunas especies son enterradas en las arenas.</li> <li>• La superficie y naturaleza de los fondos afectados.</li> <li>• Eficacia de las medidas reductoras propuestas.</li> </ul>
<p><b>4. CARACTERIZACIÓN</b></p> <p>Afecta indirectamente al medio biótico y antrópico, ya que se debe a la confluencia de otros impactos (incremento de turbidez, modificación de la calidad del agua...).</p> <p>Es de carácter temporal, reversible y recuperable, ya que los posibles recursos susceptibles de desaparecer son muy escasos ya que los ejemplares de mayor valor económico para los pescadores se sitúan alejados de las zonas de actuación.</p> <p>Además es acumulativo, periódico y continuo.</p> <p><u>Impactos positivos:</u> puesto que el proyecto contempla la construcción de un espigón sumergido, al ser estos de carácter biogénico, añadirán complejidad al medio y ofrecerán refugio a determinadas especies de peces. Todo ello puede potenciar la productividad de la zona.</p>
<p><b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b></p> <p>Se trata de un impacto de baja intensidad, que se justifica por la escasez de los recursos existentes en las zonas de producción de impacto directo y las medidas adoptadas para impedir los impactos de carácter indirecto.</p>
<p><b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b></p> <p>Las medidas reductoras más eficaces han sido introducidas a nivel de Proyecto: minimización de los volúmenes de arena y escollera, por lo que se reduce sensiblemente la intensidad de los impactos sobre el medio marino y, con ello, sobre los recursos pesqueros.</p> <p>Además son eficaces todas las medidas, ya descritas, encaminadas a evitar la dispersión y transporte de los materiales finos, tanto por sus efectos físicos como químicos. Como medidas específicas se proponen las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar las obras preferiblemente en la época con menor interacción con la explotación de los recursos (preferentemente fuera de los meses de primavera y verano)</li> <li>• Reducción del plazo de ejecución mediante el uso de medios potentes ya que se trata de un impacto de carácter temporal</li> <li>• Dar aviso a las Cofradías de Pescadores que tienen su actividad en la zona a fin de que procedan a retirar los artes con anterioridad al inicio de las obras.</li> </ul>
<p><b>7. TIPIFICACIÓN</b></p> <p>Con anterioridad a la introducción de medidas reductoras</p> <p>IMPACTO COMPATIBLE: es un impacto de magnitud baja sobre recursos de valor alto con posibilidad de recuperación a medio plazo.</p> <p>Con posterioridad a la introducción de medidas reductoras</p> <p>IMPACTO COMPATIBLE: las medidas correctoras no reducen ni el valor del recurso ni su tiempo de recuperación.</p>

8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS
Calidad del agua Comunidades bentónicas Comunidades planctónicas y neríticas Espacios Naturales Protegidos Actividades recreativas y de ocio

IMPACTO 14: ALTERACIÓN DE LAS ACTIVIDADES RECREATIVAS Y DE OCIO
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO</b> La zona de actuación se enmarca dentro de una importante área turística, sobre todo durante los meses estivales, donde se llevan a cabo numerosas actividades recreacionales relacionadas con el ámbito marino, por lo que la conservación de las condiciones más favorables de éste debe representar uno de los objetivos prioritarios a la hora de emprender cualquier tipo de actuación en el entorno. Por otro lado, el desarrollo de estas actividades contribuye positivamente al progreso económico de la comarca. El impacto negativo se relaciona con el deterioro de las cualidades estéticas y de disfrute en la playa de Sant Sebastià y las cercanas durante la ejecución de las obras. El <u>impacto positivo</u> se relaciona con el incremento de usuarios de la playa en el municipio.
<b>2. ÁMBITO ESPACIAL DE EXPRESIÓN</b> <u>Zona de regeneración:</u> la aportación de arena y la construcción del espigón se realiza en la propia playa, a través de una maquinaria que puede resultar molesta a los usuarios por lo que existe una evidente interacción de carácter negativo.
<b>3. CRITERIOS DE VALORACIÓN</b> En la valoración de este impacto se ha tenido en cuenta: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La calidad de las playas.</li> <li>• El estado actual de las condiciones estéticas y de disfrute de las playas.</li> <li>• El grado actual de conservación de la zona y el efecto disuasorio sobre el uso de este tramo de litoral.</li> <li>• El volumen de población que disfruta de estas condiciones en las diferentes épocas del año.</li> <li>• El tipo de actividades que se llevan a cabo en la zona potencialmente afectada.</li> <li>• Todos los anteriores impactos que pueden afectar a la calidad del agua, en sus diferentes aspectos, a la calidad de las playas, a la calidad del aire y al paisaje.</li> <li>• El calendario de obras (época y duración), ya que para producir un impacto sobre la población humana y sus actividades se requiere no sólo la modificación de las condiciones de disfrute sino la presencia de usuarios.</li> <li>• La localización de los lugares recreativos y de ocio más demandados con respecto a la obra.</li> </ul>
<b>4. CARACTERIZACIÓN</b> <u>Impacto negativo</u> Afecta directamente al medio socioeconómico o antrópico. Se produce exclusivamente durante la fase de obras por lo que es un impacto de carácter temporal, reversible y recuperable. Además es acumulativo, periódico y continuo. <u>Impactos positivos</u> La zona está sometida actualmente a una pérdida paulatina de la playa, por la falta de aportes de los arroyos próximos. Por tanto la actuación supone una mejora evidente de este tramo del litoral y afecta directamente al medio socioeconómico o antrópico. Tiene lugar durante toda su fase de explotación y por tanto el impacto tiene carácter permanente irreversible e irreparable (salvo desmantelamiento de la obra). Además es simple, periódico y continuo
<b>5. INTENSIDAD DEL IMPACTO</b> <u>Impacto negativo:</u> Se ha considerado baja la intensidad de los impactos que pueden afectar directamente o indirectamente a este factor ambiental. <u>Impacto positivo:</u> se ha considerado una intensidad media o moderada.
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS</b> Todas las medidas ya identificadas tendentes a minimizar los impactos sobre la calidad del agua, en sus diferentes aspectos, sobre la calidad de las playas, sobre la calidad del aire y sobre el paisaje. El elemento más importante en este caso es situar las obras fuera de la temporada de baños.
<b>7. TIPIFICACIÓN</b> Con anterioridad a la introducción de medidas correctoras Impacto negativo: SIN IMPACTO: es un impacto de baja magnitud sobre recursos de un valor medio con posibilidad de recuperación a medio plazo. Impacto positivo: MODERADO: es un impacto de magnitud media sobre recursos de un valor medio con carácter irreversible <u>Por consiguiente se considera solamente el impacto positivo, con carácter moderado.</u> Con posterioridad a la introducción de medidas correctoras. Impacto positivo: MODERADO: las medidas no modifican las características del impacto.
<b>8. SINERGIA CON OTROS IMPACTOS</b> Calidad del agua en sus diferentes aspectos Calidad de las playas Calidad del aire Paisaje



Por tanto, con anterioridad a la implantación de las medidas reductoras, se identifican finalmente un total de CATORCE (14) impactos ambientales (principales) que presentan las características mostradas en la Tabla 35.- en la que se indica el nº de impactos de cada clase y su % respecto al nº total de impactos.

Tabla 35.- Número de impactos por tipología (Fuente: elaboración propia)

#### EN FUNCIÓN DEL MEDIO AFECTADO

	NÚMERO IMPACTOS	PORCENTAJE S/TOTAL
Abiótico	5	36%
Biótico	6	43%
Antrópico	3	21%

#### EN FUNCIÓN DE SU TEMPORALIDAD

	NÚMERO IMPACTOS	PORCENTAJE S/TOTAL
Permanente	5	36%
Temporal	9	64%

#### EN FUNCIÓN DE LA CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN

	NÚMERO IMPACTOS	PORCENTAJE S/TOTAL
Irrecuperable	3	21%
Recuperable	11	79%

#### EN FUNCIÓN DEL PERIODO DE MANIFESTACIÓN

	NÚMERO IMPACTOS	PORCENTAJE S/TOTAL
Corto plazo	8	57%
Medio plazo	5	36%
Largo plazo	1	7%

#### EN FUNCIÓN DEL TIPO DE IMPACTO

	NÚMERO IMPACTOS	PORCENTAJE S/TOTAL
Nulo	1	7%
Compatible	6	43%
Moderado	6	43%
Severo	1	7%
Crítico	0	0%

En consecuencia, el "impacto típico" asociado a la actuación puede tipificarse del siguiente modo:

- se produce sobre las condiciones bióticas del medio,
- es de carácter temporal,
- presenta además una capacidad de recuperación,
- se manifiesta principalmente a corto plazo,
- es de carácter compatible o moderado y no existen impactos de carácter crítico,
- afectan al medio marino y puntualmente al medio continental (zona obtención de escollera).

## 5. CUANTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS REPERCUSIONES DEL PROYECTO EN LA RED NATURA 2000

El análisis específico de las repercusiones del proyecto sobre la Red Natura 2000 se ha efectuado en el apartado anterior a través de los impactos nº 10 y 11.

## 6. MEDIDAS PREVENTIVAS, REDUCTORAS Y COMPENSATORIAS DE IMPACTO

En cada una de las fichas confeccionadas para la descripción de los impactos (ver apartado 4.1.3), se han identificado las medidas que aminorarían las repercusiones medioambientales de las diferentes actuaciones que están implicadas en el desarrollo de la obra. El conjunto de estas medidas se recoge en la Tabla 36.- y a continuación se incluye una breve descripción de las mismas, referidas tanto a las zonas de extracción como a la de aportación, así como otras medidas de carácter general.

### 6.1 EN LA OBTENCIÓN DE LOS MATERIALES (ÁRIDOS Y ESCOLLERA) Y TRANSPORTE HASTA LA ZONA DE APORTACIÓN

#### 6.1.1 MEDIDAS PREVENTIVAS O MODERADORAS

Las medidas moderadoras de los impactos de carácter negativo quedan integradas en el propio proyecto y actúan desde el momento inicial. De este modo, puede lograrse que algunos impactos no lleguen a producirse o bien lo hagan con una intensidad menor. Se desprenden, fundamentalmente, de su aplicación a obras de naturaleza parecida a la que aquí se analiza.

#### Limitación de la zona de dragado

La zona de extracción de las arenas es limitada al sector norte (entre el puerto de Aiguadolç y las manchas de *Cymodocea Nodosa*) y se prohíbe el empleo del sector sur, en contacto con el Espacio Natural Protegido.

#### Uso de medios poco impactantes

El proyecto deberá contemplar el uso de maquinaria moderna que cumpla los requerimientos para evitar la contaminación.

#### Planificación de un calendario adecuado de obras

Es recomendable, como medida moderadora de carácter general, situar la realización de la obra fuera de la época de verano ya que de este modo se logra una mitigación significativa en la intensidad del impacto debido a la disminución de la población usuaria.

#### Reducción del plazo de ejecución

La elección de la alternativa que implica una menor necesidad de materiales de cantera implica una reducción significativa de los impactos en la zona de obtención de los materiales. Deberán utilizarse medios de gran capacidad para reducir también el plazo de ejecución.

#### Medidas moderadoras relacionadas con el transporte de los áridos de origen continental

Tiene por finalidad la determinación de rutas de acceso, horario de paso y frecuencia máxima horaria de vehículos que evite la generación de molestias a la población residente cercana.

Tabla 36.- Identificación de las medidas reductoras del impacto (Fuente: elaboración propia)

Medio afectado	Medidas preventivas y reductoras del impacto
<b>1. Medio abiótico: afección a la dinámica litoral</b>	Todas las medidas preventivas y reductoras han sido incorporadas a nivel de Proyecto, con un diseño de espigones y de planta que minimice las mediciones de materiales, suficientes para cumplir los objetivos planteados.
<b>2. Medio abiótico: modificación batimétrica y de la naturaleza del sustrato</b>	La principal medida preventiva se ha introducido a nivel de Proyecto en el que se ha optimizado y minimizado las mediciones de arena y escollera y la superficie a ocupar.
<b>3. Medio abiótico: alteración de la calidad atmosférica y acústica</b>	Puesto que la intensidad de este impacto es directamente proporcional al volumen de materiales a utilizar en la obra, la principal medida reductora del impacto está incluida en el Proyecto, en el que se ha optimizado el volumen de arenas y escollera. Se identifican además las siguientes medidas preventivas y reductoras: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar la producción de polvo durante el transporte con camión y manipulación de los materiales mediante la utilización de lonas u otro tipo de protecciones, principalmente en las proximidades del núcleo de población.</li> <li>• Evitar la manipulación de materiales en días de viento intenso o desfavorable.</li> <li>• Adoptar las medidas para controlar la emisión de gases por los vehículos y maquinarias: filtros, revisiones, etc.</li> <li>• Elegir vías de acceso y regular tanto el horario como la frecuencia máxima de paso de los camiones destinados al transporte de materiales.</li> <li>• Procurar un mantenimiento adecuado de las vías de acceso para evitar ruidos y vibraciones, principalmente en las proximidades del núcleo de población.</li> <li>• Programa de riegos y barrido de las vías de acceso.</li> <li>• Reducir en lo posible los acopios de materiales en la obra.</li> <li>• Foso para el lavado de las ruedas de los camiones.</li> <li>• Reducir en lo posible el plazo de ejecución.</li> <li>• Realizar las operaciones de mayor impacto fuera de la temporada de baños.</li> </ul>
<b>4. Medio abiótico: incremento de la turbidez en la columna de agua</b>	El hecho que en el Proyecto se haya desarrollado la alternativa que requiere un volumen menor de materiales y que la arena marina a emplear tenga muy poco porcentaje de finos (<2,5%) es muy positivo para moderar el impacto residual. Además, se identifican las siguientes medidas preventivas y reductoras: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Al ser un impacto de carácter transitorio, la intensidad se relaciona directamente con la duración de la obra. Debe procurarse, por tanto, utilizar medios de capacidad suficiente para que se reduzca el plazo de ejecución.</li> <li>• Se usarán de barreras que eviten la dispersión de finos en la zona de aportación en la playa y en la zona de extracción de arenas junto al Puerto de Aiguadolç.</li> <li>• Se recomienda que las obras tengan lugar preferentemente fuera de verano, fase con menor interferencia sobre las variables ambientales. No obstante, no se considera una condición determinante en función de la evaluación de impacto.</li> <li>• Se suspenderá la aportación de materiales a la playa en condiciones de agitación del mar que incremento significativamente la distancia de transporte de la pluma. Se considera que las operaciones debieran suspenderse a partir de alturas de ola significante &gt;1,5 m.</li> </ul>
<b>5. Medio abiótico: alteración de la calidad química del agua</b>	Todas las medidas ya identificadas en el caso del impacto sobre la calidad física de las aguas y tendentes a minimizar la dispersión de los finos ya que ésta es la principal vía de incorporación de contaminantes en el medio marino. En cuanto al vertido de contaminantes diversos y aguas residuales durante las obras, se hace necesario minimizar los riesgos estableciendo una red de control de calidad, durante y después de la actuación, con especial interés en evitar vertidos accidentales.
<b>6. Medio biótico: afección a las comunidades naturales terrestres</b>	El Proyecto: contiene medidas preventivas del impacto: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimización del diseño reduciendo el volumen de escollera.</li> </ul> Se proponen además las siguientes medidas adicionales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La restauración de la cantera de obtención de escollera, lo que puede considerarse como una medida compensatoria de la biomasa perdida.</li> </ul>

<b>7. Medio biótico: afección a las comunidades bentónicas</b>	El Proyecto: contiene medidas preventivas del impacto: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de obras de defensa de carácter biogénico.</li> <li>• Optimización del diseño reduciendo el volumen de escollera y arena.</li> </ul> Se proponen además las siguientes medidas adicionales, encaminadas a evitar la dispersión y transporte de los materiales finos, que ayudan a mitigar el impacto sobre las comunidades bentónicas. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas las medidas ya identificadas en el caso de los impactos sobre la calidad física y química del agua.</li> </ul>
<b>8. Medio biótico: afección a las comunidades planctónicas y neríticas</b>	Todas las medidas, ya descritas en los apartados correspondientes, encaminadas a evitar el empeoramiento de la calidad de las aguas en sus diferentes aspectos y a reducir el impacto sobre las comunidades naturales de la zona de actuación (impactos 4, 5 y 7).
<b>9. Medio biótico: afección a hábitats protegidos (Cymodocea Nodosa)</b>	Además de todas las medidas, ya descritas en los apartados correspondientes, encaminadas a evitar el empeoramiento de la calidad de las aguas en sus diferentes aspectos y a reducir el impacto sobre las comunidades naturales de la zona de actuación (impactos 4, 5 y 7) se añade la siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La actuación ha sido diseñada de manera que las praderas de esta especie no sean afectadas directamente por la obra (tanto en la zona de dragado como en la de vertido) y sólo indirectamente a través de la dispersión de los finos (la Cymodocea es sólo afectada gravemente en caso de ser enterrada y tiene gran tolerancia a los incrementos de turbidez del agua).</li> </ul>
<b>10. Medio biótico: afección a especies protegidas (delfín mular, tortuga boba, Posidonia O.) dentro de los Espacios Naturales</b>	Además de todas las medidas, ya descritas en los apartados correspondientes, encaminadas a evitar el empeoramiento de la calidad de las aguas en sus diferentes aspectos y a reducir el impacto sobre las comunidades naturales de la zona de actuación (impactos 4, 5 y 7) se añade la siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La zona de extracción de las arenas es limitada al sector más septentrional (entre el puerto de Aiguadolç y las manchas de Cymodocea) y se prohíbe el empleo del sector más meridional, que está en contacto con el Espacio Natural Protegido.</li> </ul>
<b>11. Medio biótico: afección al resto de especies dentro de los Espacios Naturales Protegidos</b>	Todas las medidas, ya descritas en los apartados correspondientes, encaminadas a evitar el empeoramiento de la calidad de las aguas en sus diferentes aspectos y a reducir el impacto sobre las comunidades naturales de la zona de actuación (impactos 4, 5 y 7).
<b>12. Medio antrópico: alteración del paisaje costero</b>	Las principales medidas reductoras del impacto han sido introducidas a nivel de Proyecto: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de la actuación con dimensiones reducidas.</li> <li>• Diseño de obras de defensa y sumergidas.</li> <li>• Uso de arena del mismo color a la existente actualmente en la playa a regenerar.</li> </ul> Se proponen otras medidas adicionales dirigidas a procurar una mejor integración de la obra en el entorno. Incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de la obra.</li> <li>• Obtención de los materiales en una cantera autorizada de modo que disponga de plan de restauración que permita corregir las alteraciones producidas por la obra</li> </ul>
<b>13. Medio antrópico: alteración de recursos pesqueros</b>	Las medidas reductoras más eficaces han sido introducidas a nivel de Proyecto: minimización de los volúmenes de arena y escollera, por lo que se reduce sensiblemente la intensidad de los impactos sobre el medio marino y, con ello, sobre los recursos pesqueros. Además son eficaces todas las medidas, ya descritas, encaminadas a evitar la dispersión y transporte de los materiales finos, tanto por sus efectos físicos como químicos. Como medidas específicas se proponen las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar las obras preferiblemente en la época con menor interacción con la explotación de los recursos.</li> <li>• Reducción del plazo de ejecución mediante el uso de medios potentes ya que se trata de un impacto de carácter temporal</li> <li>• Dar aviso a las Cofradías de Pescadores que tienen su actividad en la zona a fin de que procedan a retirar los artes con anterioridad al inicio de las obras.</li> </ul>

<b>14. Medio antrópico: alteración de las actividades recreativas y de ocio</b>	Todas las medidas ya identificadas tendentes a minimizar los impactos sobre la calidad del agua, en sus diferentes aspectos, sobre la calidad de las playas, sobre la calidad del aire y sobre el paisaje. El elemento más importante en este caso es situar las obras fuera de la temporada de baños.
---	--

### 6.1.2 MEDIDAS REDUCTORAS O CORRECTORAS

El objeto de las medidas correctoras es disminuir el impacto residual que la obra genera en el entorno: su coste económico deberá incorporarse al proyecto. En este caso las principales medidas correctoras se relacionan con la reducción de la dispersión de los finos y con el transporte de los materiales desde la cantera hasta la zona de regeneración. Se indican las principales:

- Uso de barreras que eviten la dispersión de finos en la zona de extracción de la arena marina.
- Uso de camiones provistos de lona para el transporte de áridos de origen continental.
- Riego frecuente de los viales de acceso.
- Barrido de los viales en caso que se considere necesario.
- Mantenimiento adecuado de las vías de circulación de los transportes.

### 6.1.3 MEDIDAS COMPENSATORIAS

Las escolleras necesarias para la obra deberán obtenerse de una cantera legalizada, que disponga de un plan de restauración del medio. En consecuencia, las comunidades vegetales que puedan quedar destruidas a consecuencia de la extracción de los materiales necesarios para la obra, deberá compensarse a través de la replantación de especies autóctonas de acuerdo con el programa aprobado.

## 6.2 EN LA ZONA DE APORTACIÓN

La mayoría de las medidas propuestas mantienen un paralelismo con las descritas en el ámbito de explotación del yacimiento, por lo que se identifican de forma resumida.

### 6.2.1 MEDIDAS PREVENTIVAS O MODERADORAS

- Uso de medios poco impactantes: flota de camiones y parque de maquinaria que cumpla con los límites de emisión.
- Para evitar los impactos sobre la calidad del agua deben reducirse los productos residuales de obra, evitar cualquier vertido contaminante al medio marino, etc.
- Los materiales presentarán unas características granulométricas próximas a los de la zona de recepción.
- Evitar la manipulación de materiales en días con condiciones meteorológicas desfavorables (tanto atmosféricas como marinas).
- Elegir un calendario adecuado de obras (preferentemente fuera de verano).
- Procurar una decantación de los materiales antes del vertido en el medio acuático.

- Anunciar el inicio de las obras para retirar los artes de pesca instalados en las zonas próximas a las obras.

### 6.2.2 MEDIDAS REDUCTORAS O CORRECTORAS

- Uso de barreras que eviten la dispersión de finos en la zona de obras (vertido de escollera y de arena).

### 6.3 OTRAS MEDIDAS GENERALES

#### 6.3.1 MEDIDAS PREVENTIVAS O MODERADORAS

Las medidas moderadoras han sido incorporadas a nivel de Proyecto, que ha desarrollado la solución que desde un punto de vista ambiental menor impacto introduce en la calidad del medio; no suponen en principio ningún coste específico. Se plantean como consecuencia del análisis llevado a cabo a partir del inventario ambiental a fin de introducir las menos alteraciones posibles. Se consideran como más importantes:

- La elección de una solución constructiva que reduce las mediciones tanto en escollera como en arenas a fin de moderar la artificialización.
- Diseño del espigón sumergido para limitar la artificialización del medio y con una planta que evite la interferencia directa sobre las comunidades de fanerógamas.
- Evitar la sobrealimentación innecesaria de la playa.
- Determinación de perfil y planta adecuados para la consecución de los objetivos.
- Color de arena semejante al actual, siempre que ello sea posible en función de los materiales disponibles.

#### 6.3.2 MEDIDAS REDUCTORAS O CORRECTORAS

Las medidas correctoras son actuaciones que se aplican durante las obras a fin de reducir el impacto residual; el general llevan un coste asociado que debe ser asumido por la empresa Constructora a fin de garantizar los objetivos de sostenibilidad planteados en el estudio.

- Control de la calidad de los materiales a fin de comprobar que se ajusta a lo previsto, lo que implicará unos gastos analíticos
- Desarrollar un programa de vigilancia ambiental de la obra que procure también el control del hallazgo de restos arqueológicos.

#### 6.3.3 MEDIDAS COMPENSATORIAS

Estas medidas no disminuyen la magnitud del impacto provocado pero aminoran su efecto en la globalidad del sistema al compensar la incidencia negativa de una actuación con otra acción que

puede provocar un beneficio en el entorno. En este caso no se considera necesario la introducción de medidas compensatorias de carácter general.

### 6.4 MATRIZ DE IMPACTOS RESIDUALES

La aplicación de las medidas preventivas, reductoras y compensatorias tienen como resultado que el impacto residual sea de menor intensidad que el resultante inicialmente de la actuación. Los cambios producidos se recogen en la Tabla 37.-, que muestra la reducción en la intensidad de los impactos y que da lugar a la matriz de impactos residual (ver Tabla 38.-).

Tabla 37.- Reducción de la intensidad de los impactos (Fuente: elaboración propia)

	ANTES DE LAS MEDIDAS	DESPUÉS DE LAS MEDIDAS
Nulo	1	4
Compatibles	6	7
Moderados	6	2
Severos	1	1
Críticos	0	0

Si se asigna un valor 0 a los impactos nulos (N = 0), 1 a los impactos compatibles (C = 1), 2 a los moderados (M = 2) y 4 a los severos (S = 4), se obtiene el siguiente resultado:

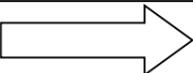
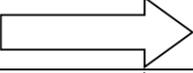
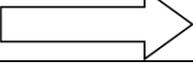
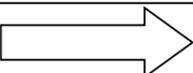
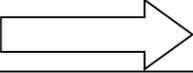
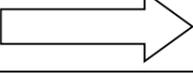
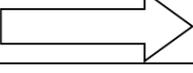
- Antes aplicación medidas reductoras:  $\Sigma(1N+6C+6M+1S) = 1 \times 0 + 6 \times 1 + 6 \times 2 + 1 \times 4 = 22$
- Después aplicación medidas reductoras:  $\Sigma(4N+7C+2M+1S) = 4 \times 0 + 7 \times 1 + 2 \times 2 + 1 \times 4 = 15$

En consecuencia, la aplicación de las medidas reductoras del impacto tiene como consecuencia en relación a los impactos residuales:

- Se reduce el número de impactos no nulos: de 13 a 10
- Se mantiene el impactos de carácter severo (1)
- Disminuyen los impactos de carácter moderado (de 6 a 2) y se incrementan los de carácter compatible (de 6 a 7)
- De acuerdo con la valoración aplicada, el impacto residual puede estimarse en un  $15 / 22 = 68\%$  del impacto inicial, con lo que la eficacia de las medidas es evidente

Puesto que ninguno de los impactos residuales, una vez implementadas las medidas moderadoras y correctoras, presenta la condición de crítico y solamente hay un severo, **se considera que la obra definida en el Proyecto es viable desde el punto de vista ambiental** a condición de que se atiendan todas las recomendaciones definidas en el estudio, referidas sobre todo a la alternativa escogida para el Proyecto y a la procedencia de los materiales.

Tabla 38.- Matriz de impacto residual como aplicación de las medidas propuestas (Fuente: elaboración propia)

Medio afectado / Impacto	Evaluación antes Medidas correctoras	Efecto medidas moderadoras/correctoras	Evaluación después Medidas correctoras
1. Medio abiótico: afección de la dinámica litoral	COMPATIBLE	≈	COMPATIBLE
2. Medio abiótico: modificación batimétrica y naturaleza del sustrato	MODERADO	≈	MODERADO
3. Medio abiótico: alteración de la calidad atmosférica y acústica	COMPATIBLE		NULO / SIN IMPACTO
4. Medio abiótico: incremento de la turbidez en la columna de agua	MODERADO		COMPATIBLE
5. Medio abiótico: alteración de la calidad química del agua	MODERADO		COMPATIBLE
6. Medio biótico: afección de las comunidades naturales terrestres	NULO / SIN IMPACTO	≈	NULO / SIN IMPACTO
7. Medio biótico: afección a las comunidades bentónicas	SEVERO	≈	SEVERO
8. Medio biótico: afección a las comunidades planctónicas y neríticas	COMPATIBLE		NULO / SIN IMPACTO
9. Medio biótico: afección a hábitats protegidos: <i>Cymodocea Nodosa</i>	MODERADO		COMPATIBLE
10. Medio biótico: afección a especies protegidas tortuga boba, delfín mular y <i>Posidonia Oceanica</i>	MODERADO		COMPATIBLE
11. Medio biótico: afección al resto de especies de los Espacios Naturales	COMPATIBLE		NULO / SIN IMPACTO
12. Medio antrópico: alteración del paisaje	COMPATIBLE	≈	COMPATIBLE
13. Medio antrópico: alteración de recursos pesqueros	COMPATIBLE	≈	COMPATIBLE
14. Medio antrópico: alteración de las actividades recreativas y de ocio	MODERADO	≈	MODERADO

## 7. PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL

### 7.1 OBJETO DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL

El Programa de Vigilancia y Seguimiento Ambiental (PVA) por objeto dar cumplimiento a una serie de determinantes de control que derivan:

- Del presente Estudio de Impacto Ambiental.
- De los nuevos condicionados que pueda determinar, en su momento, la Declaración de Impacto Ambiental.

El PVA tiene por objeto principal cuidar del correcto cumplimiento de lo que determinan el conjunto de documentos ambientales que son de aplicación. Todo ello queda concretado en los siguientes objetivos:

- Constituir un elemento de garantía para el cumplimiento de las condiciones incluidas en los antecedentes de referencia.
- Definir todos aquellos elementos adicionales que contribuyan a minimizar los impactos.
- Establecer procedimientos de medida, muestreo y análisis que permitan la caracterización ambiental y seguimiento de la zona de influencia del proyecto, tanto en estado preoperacional (medidas de estado cero), como durante el proceso de implantación y las obras a fin de comprobar que la calidad del sistema (vectores físicos, químicos y bionómicos) no experimentan alteraciones significativas en su calidad.
- Medir el grado de ajuste entre los impactos que supuestamente producirá la actuación según el análisis prospectivo realizado en el estudio de impacto con los efectos que realmente se producirán en el medio.
- Elaborar los documentos de carácter ambiental para el seguimiento de la obra.
- Finalmente, el programa de vigilancia ambiental posibilitará reacciones oportunas frente a impactos inesperados que puedan surgir durante las obras, sobre todo en variables de difícil predicción.

### 7.2 MARCO LEGAL

El marco legal al que se referencia el Programa de Vigilancia está constituido por un conjunto de normativas (comunitarias, estatales, autonómicas y municipales) referidas a vectores que pueden resultar alterados por las obras (ver Tabla 1.-).

### 7.3 ÁMBITO TERRITORIAL DEL PROGRAMA

El Programa de Vigilancia Ambiental abarcará tres ámbitos de control:

- Zona de playa (dragado y vertido de arenas y vertido de escollera para la construcción del espigón).
- Zona de extracción de la escollera (canteras).
- Vías de acceso para el transporte de la escollera.

En cada uno de estos ámbitos, se definirá una extensión territorial (terrestre y marina) suficiente que permita la valoración de la totalidad de los impactos (tanto de carácter directo como indirecto).

#### 7.4 ALCANCE DE LOS TRABAJOS

El alcance del Programa de Vigilancia y Seguimiento Ambiental que se incluye en este apartado ha de considerarse como indicativo y responde únicamente al contenido del Documento Ambiental. Es probable que durante el trámite administrativo se añadan nuevos condicionados, aunque el programa ha sido redactado de acuerdo con nuestra experiencia en estudios de parecidas características. En su desarrollo se utilizarán las metodologías y procedimientos que son habituales en este tipo de actuaciones. Para una definición práctica de los mismos, se consideran dos fases:

- Fase previa: con anterioridad al inicio de las obras, se corresponde con la organización de la asistencia y la implantación
- Fase de obras.
- Fase operacional (tras la finalización de las obras).

##### 7.4.1 FASE PREVIA: CON ANTERIORIDAD AL INICIO DE LAS OBRAS

Con anterioridad al inicio de las obras se realizarán una serie de trabajos y medidas preoperacionales con el siguiente alcance:

Constitución del equipo de trabajo, nombramiento de la Dirección Ambiental y coordinación con la Dirección de Obra. El equipo estará formado por un Director Ambiental con dedicación parcial y un inspector ambiental permanente a pie de obra.

Revisión del sistema de gestión ambiental por parte de los adjudicatarios de la obra. Incorporación de las mejoras que se consideren necesarias. Aprobación final.

Revisión del Proyecto Constructivo a fin de comprobar que se incluyen todas las medidas correctoras definidas a nivel de estudio de impacto ambiental, incluida la programación de las obras en los meses de menor interferencia con el uso del litoral.

Revisión del marco normativo ambiental (comunitario, estatal, autonómico y municipal) que es de aplicación a la obra.

Planificación metodológica del funcionamiento de la asistencia técnica.

Realización de una campaña preoperacional de muestreo y medidas de diferentes vectores ambientales con la finalidad de definir el 'Estado Cero' del medio antes de las obras y definir los valores de referencia para el seguimiento ambiental. En la Tabla 39.- se incluye el alcance del estudio de 'Estado Cero'.

Tabla 39.- Alcance de los trabajos para la caracterización del estado preoperacional del medio (Fuente: elaboración propia)

VECTOR	ESTACIONES	VARIABLES
<b>CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA DE MAR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zona de aportación: 1 estación al sur del nuevo espigón</li> <li>• Zona de dragado: 1 estación a poniente</li> <li>• Extremo N de la Pradera de <i>Posidonia O.</i>: 1 estación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfiles de temperatura</li> <li>• Materias en suspensión</li> <li>• Oxígeno disuelto y materia orgánica (COT y DBO5)</li> <li>• Concentración de nutrientes para Detectar posibles situaciones de eutrofización</li> <li>• Clorofila</li> <li>• Metales pesados</li> </ul>
<b>TURBIDEZ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zona de aportación: 1 estación al sur del nuevo espigón</li> <li>• Zona de dragado: 1 estación a poniente</li> <li>• Extremo N de la Pradera de <i>Posidonia O.</i>: 1 estación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfiles de turbidez en toda la columna</li> <li>• Disco de Secchi</li> </ul>
<b>CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zona de aportación: 4 estaciones</li> <li>• Zona de dragado: 4 estaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría</li> <li>• Potencial redox</li> <li>• Contenido en materia orgánica</li> <li>• Carbono y nitrógeno totales</li> <li>• Indicadores de contaminación fecal</li> <li>• Metales pesados</li> </ul>
<b>CONTAMINACIÓN ACÚSTICA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canteras: 1 estación</li> <li>• Vías terrestres de acceso: 2 estaciones</li> <li>• Zona de aportación: 1 estación en el paseo marítimo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A (LA<sub>eq</sub>)</li> <li>• Nivel máximo (LA<sub>máx</sub>)</li> <li>• Nivel mínimo (LA<sub>mín</sub>)</li> <li>• Niveles percentiles</li> </ul>
<b>CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canteras: 1 estación</li> <li>• Vías terrestres de acceso: 2 estaciones</li> <li>• Zona de aportación: 1 estación en el paseo marítimo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación de partículas en Suspensión</li> <li>• Determinación de partículas sedimentables</li> </ul>
<b>COMUNIDADES BENTÓNICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zona de aportación: 1 estación</li> <li>• Zona de dragado: 1 estación</li> <li>• Zona con <i>Cymodocea N.</i>: 1 estación (prof. = -4,5 m)</li> <li>• Zona con <i>Posidonia O.</i>: 1 estación (límite norte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Composición específica</li> <li>• Abundancia</li> <li>• Riqueza específica</li> <li>• Diversidad específica</li> <li>• Presencia especies indicadoras</li> <li>• Presencia próxima de comunidades de fanerógamas</li> <li>• Límites de distribución de las praderas</li> <li>• Grado de enterramiento de los haces de fanerógamas</li> </ul>

Propuesta de valores de referencia para los diferentes vectores ambientales implicados en la obra.

En función de los resultados de la campaña preoperacional, se definirán unos valores de referencia que en algunos ámbitos serán los legislativos (calidad atmosférica y ruidos, por ejemplo) mientras que en otros en los que no hay regulación (calidad química del agua) se definirán a partir de toda los antecedentes disponibles y la información contenida en el estudio de impacto ambiental.

Con carácter general, el valor de las diferentes variables controladas durante el programa de vigilancia no podrán superar en más de un 80% de las situaciones el umbral definido en los valores de referencia. Si esto ocurre, deberán definirse unas medidas correctoras adicionales.

La campaña de definición del estado preoperacional debe realizarse con anterioridad al inicio de las obras y a ser posible se realizará simultáneamente con otras actuaciones relacionadas con la obra (fundamentalmente la realización de una batimetría de contraste).

Instalación oficina a pie de obra

Planificación metodológica del funcionamiento de la asistencia técnica

El contenido de esta tarea abarcará como mínimo los siguientes ámbitos:

- Planificación de la asistencia, con la elaboración de un cronograma detallado a partir del Programa de Obra que incluye una parada en el período de primavera-verano.
- Elaboración de un cuadro resumen de las operaciones de vigilancia y sistemas de control, con la programación de todas las acciones., incluidas las que deban desarrollarse durante el periodo de parada.
- Definición de las variables a considerar en el marco del PVA. Los principales parámetros genéricos a tener en cuenta son los siguientes: calidad del agua de mar, calidad de los fondos marinos (sedimentología y hábitats), comunidades bentónicas, calidad atmosférica, ambiente acústico y recursos pesqueros.
- Definición de la situación y características de las estaciones de control.
- Definición de los procedimientos de muestreo y medida así como los protocolos analíticos.
- Trabajos de coordinación con la Dirección de la Obra.
- Control de aplicación de todas las medidas reductoras del impacto
- Determinación de la periodicidad de las reuniones e informes de seguimiento y procedimientos de edición para el conocimiento de todos los organismos implicados. Contenido del libro de incidencias ambientales.

Los informes mensuales tendrán el siguiente índice orientativo:

1. Presentación del informe
2. Gestión de los excedentes de materiales
3. Accesos y ocupaciones temporales
4. Gestión de los préstamos
5. Gestión de los residuos de obra
6. Tratamiento y vertido de efluentes
7. Gestión de las tierras vegetales
8. Evolución calidad parámetros ambientales
9. Seguimiento hábitats
10. Otros aspectos ambientales
11. Reportaje fotográfico

#### ANEJOS

- Resultados analíticos
- Listado medidas físicas

#### PLANOS

Todo ello enfocado a disponer de información clara y concisa que permita la evaluación del:

- Estado de la obra en el período objeto del informe. Descripción de las acciones con repercusiones ambientales.
- Estado de la aplicación de las medidas correctoras.
- Eficacia de las medidas correctoras.
- Incidencias ambientales. Decisiones tomadas ante la aparición de impactos no previstos.
- Por último, se determinarán los circuitos de circulación de la información especialmente frente a situaciones de no conformidad. Se definirán asimismo los mecanismos de toma de decisiones, a través en todo caso de la Dirección de Obra, incluidas las no conformidades.

Análisis de la idoneidad de los accesos provisionales a la obra a fin de minimizar el impacto sobre el medio atmosférico y la población residencial cercana

- Se controlarán periódicamente los niveles de emisión de toda la maquinaria utilizada según lo establecido en la Directiva 92/97/CEE.
- Se limitará el número máximo de camiones que pueden circular por las vías de acceso a la zona de obras a fin de no superar el umbral de valores de referencia propuestos.
- Se estudiarán las vías de acceso a la obra y los horarios de trabajo, con el objetivo de minimizar el impacto sobre la población, favoreciendo los medios marítimos para el transporte del material de obra.
- Se definirán los programas de riego y barrido de viales en función de los niveles de contaminación atmosférica

Comprobación de que los pescadores de la zona han retirado los artes (nasas y trasmallos) de la zona de obras

#### 7.4.2 FASE DE OBRAS

##### En las canteras

Comprobación de que las canteras para la obtención de préstamos están legalizadas de acuerdo con la normativa que es de aplicación. Revisión de los planes de restauración

Comprobación de que la calidad de los materiales destinados a la obra y de que el porcentaje de finos es inferior al 5 %

##### En las vías de acceso

Adaptación del programa de controles y medidas a las condiciones concretas del programa de obras del contratista

Análisis de la idoneidad de los accesos a la obra a fin de minimizar el impacto sobre el medio atmosférico y la población humana

Supervisión de las vías de acceso de la obra, horarios previstos para el paso de camiones, número máximo de unidades por hora

Control de la aplicación de todas las medidas protectoras tendentes a la reducción de los impactos (camiones con caja cubierta con lona, riego frecuente viales, barrido de viales en caso de necesidad, fosa de lavado de ruedas, utilización de maquinaria de alta capacidad, cumplimiento de los límites de emisión de ruidos y contaminantes atmosféricos, etc).

Medida semanal del nivel de ruidos en las mismas estaciones que en el estudio preoperacional. Las medidas se realizarán en dos franjas horarias, de las que sólo una coincidirá con los horarios de trabajo de la obra

#### En la zona de aportación y de dragado

En ambas zonas se llevarán a cabo una serie de controles y comprobaciones.

Balizamiento de la zona de aportación y de dragado mediante boyas con el fin de que en todo momento sea posible comprobar si las operaciones se llevan a cabo en su totalidad en la zona recomendada.

Comprobación de los perfiles batimétricos de la zona de aportación y de dragado de la cartografía bionómica a fin de certificar que la zona de está completamente libre de cualquier impedimento de tipo ambiental.

Control de que la descarga de los materiales se realiza de forma apropiada, procurando la sedimentación de los finos con anterioridad a su empuje hasta el agua

Control de que el dragado y descarga de los materiales se realiza con la presencia de barreras anticontaminantes de acuerdo a lo indicado en el proyecto

Control continuado en la zona de dragado y de aportación de toda una serie de variables ambientales que pueden verse afectadas por la operación.

- Referencia de la zona de descarga.
- Control de la pluma de dispersión de finos durante las maniobras de dragado y de vertido/aportación de materiales a la playa (persistencia y dirección).
- Seguimiento de la evolución de la calidad del agua de acuerdo con el programa de muestreo mostrado en la Tabla 41.- ,

Control topo-batimétrico continuo de la zona de dragado y de vertido a fin de conocer su evolución: grado de uniformidad en el material depositado y reducción de los calados a medida que avance el vertido de materiales.

Control de la posible aparición de restos arqueológicos o del patrimonio histórico, comunicando inmediatamente el hallazgo a las autoridades competentes.

Control de la deposición de correcta de los excedentes de tierras y de los materiales no aptos. Cumplimiento de las condiciones para la gestión de tierras

Control de que la empresa adjudicataria de las obras no realiza mantenimientos de maquinaria en la parcela y que, en cualquier caso, dispone de los elementos necesarios para evitar que las averías produzcan contaminación en el medio.

Control de la gestión de los residuos líquidos y sólidos realizados durante las obras. Control de la ubicación y usos de almacenes

Control permanente de la calidad de las variables del medio terrestre que pueden resultar afectadas en esta fase de las obras

El programa de muestreo dará continuidad a las medidas preoperacionales, con el siguiente alcance indicado en la Tabla 40.- .

Tabla 40.- Programa de muestreo para el seguimiento de la calidad del medio terrestre durante la fase de ejecución de las obras (Fuente: elaboración propia)

<b>Contaminación acústica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canteras: 1 estación</li> <li>• Vías terrestres de acceso: 2 estaciones</li> <li>• Zona de aportación: 1 estación en el paseo marítimo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A (LA<sub>eq</sub>)</li> <li>• Nivel máximo (LA<sub>máx</sub>)</li> <li>• Nivel mínimo (LA<sub>mín</sub>)</li> <li>• Niveles percentiles</li> </ul>
<b>Contaminación atmosférica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canteras: 1 estación</li> <li>• Vías terrestres de acceso: 2 estaciones</li> <li>• Zona de aportación: 1 estación en el paseo marítimo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación de partículas en Suspensión (1 muestra/semanal)</li> <li>• Determinación de partículas sedimentables (1 muestra/mensual)</li> </ul>

Control permanente de la calidad de las variables del medio marino que pueden resultar afectadas en esta fase de las obras

El programa de muestreo tendrá el alcance indicado en la Tabla 41.- y Tabla 42.- .

#### Calidad del agua

Tabla 41.- Programa de muestreo para el seguimiento de la calidad del agua durante la fase de ejecución de las obras (Fuente: elaboración propia)

<b>Estaciones</b>	Tres: <ul style="list-style-type: none"> <li>• una a poniente de la zona de dragado,</li> <li>• una al sur de la zona de descarga</li> <li>• una dentro del Espacio Natural Protegido (límite N de la Posidonia O.).</li> </ul>
<b>Número niveles</b>	Tres (superficie, medio y fondo)
<b>Frecuencia de muestreo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbidez: diaria (sólo superficie)</li> <li>• Completo de agua: quincenal</li> </ul>
<b>Parámetros a analizar en el análisis completo de agua</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• perfiles de temperatura y salinidad</li> <li>• penetración de la luz (disco de Secchi)</li> <li>• turbidez</li> <li>• materias en suspensión</li> <li>• DBO5</li> <li>• oxígeno disuelto y porcentaje de saturación</li> <li>• tres metales pesados (los de mayor concentración relativa/más tóxicos)</li> </ul>

Calidad de los sedimentos

Tabla 42.- Programa de muestreo para el seguimiento de la calidad del sedimento durante la fase de ejecución de las obras (Fuente: elaboración propia)

<b>Estaciones</b>	Una: • en la zona de dragado,
<b>Frecuencia de muestreo</b>	Según el parámetro
<b>Parámetros a analizar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría (diaria)</li> <li>• Potencial redox (diaria)</li> <li>• Contenido en materia orgánica (diaria)</li> <li>• Carbono y nitrógeno totales (semanal)</li> <li>• Indicadores de contaminación fecal (semanal)</li> <li>• Metales pesados (semanal)</li> </ul>

**Control de eventuales aterramientos en la zona de *Cymodocea Nodosa* y de *Posidonia Oceanica***

Mensualmente se efectuará una grabación de la zona junto a la obra en la que se ha detectado presencia de *Cymodocea Nodosa*, y la zona con *Posidonia Oceanica* dentro del Espacio Natural "Costes del Garraf" con objeto de apreciar eventuales aterramientos pese a las medidas mitigadoras incorporadas (barreras anticontaminación).

**7.4.3 FASE OPERACIONAL (TRAS LA FINALIZACIÓN DE LAS OBRAS)**

**En la zona de aportación**

Durante los 2 años siguientes a la ejecución de las obras se llevarán a cabo una serie de controles y comprobaciones con periodicidad anual.

**Control continuado en la zona de aportación de toda una serie de variables ambientales que pueden verse afectadas por la operación.**

- Seguimiento de la evolución de la calidad del agua de acuerdo con el programa de muestreo mostrado en la Tabla 41.- .

**Control topográfico-batimétrico de la zona de vertido a fin de conocer su evolución temporal y comportamiento respecto al teórico previsto en proyecto.**

**7.5 PRESUPUESTO**

El presupuesto ha sido estimado a partir de un plazo de ejecución de las obras de 3 meses. Durante este tiempo, el programa de vigilancia ambiental, según lo descrito, constará de:

- Participación de personal: un director ambiental (con dedicación del 20%), un técnico que supervise todos los días que la ejecución de las obras se realiza conforme a lo establecido en el PVA (con dedicación del 50%) y personal técnico de apoyo para realizar los trabajos de campo.

- Analíticas y trabajos de campo (incluyendo tanto las previas a la obra, las que deben realizarse durante las obras y las de la fase operacional).
- Edición de informes mensuales.

En la Tabla 43.- se incluyen las cantidades detalladas para cada una de las partidas que componen el Programa de Vigilancia Ambiental:

Tabla 43.- Presupuesto del Programa de Vigilancia Ambiental (Fuente: elaboración propia)

CONCEPTO		MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE (€)
Mes	Director ambiental, titulado superior con más de 10 años de experiencia y dedicación al 20% y emisión de informes	3	1.000	3.000
Mes	Técnico a pie de obra, titulado superior, con al menos 5 años de experiencia en la vigilancia ambiental. Dedicación al 50 % con visitas todos los días a la obra..	3	1.700	5.100
Ud	Muestreos y analíticas en fases pre-constructiva, constructiva y operacional	1	34.000	34.000
Ud	Levantamientos y comprobaciones topográfico-batimétricas en fase operacional	2	2.500	5.000
			<b>SUMA</b>	<b>47.100</b>

De acuerdo con las unidades detalladas, asciende el presente Presupuesto de Ejecución Material (IVA no incluido) del Programa de Vigilancia Ambiental a la cantidad de CUARENTA Y SIETE MIL CIENTO EUROS (47.100 €). Dicho importe ha sido incluido en el presupuesto de la obra como Partida Alzada (PA), si bien la Propiedad se reserva el derecho de adjudicar esos trabajos a una empresa especializada que efectúe las tareas de Dirección Ambiental de las obras.

## 8. DOCUMENTO DE SÍNTESIS

### 8.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

#### 8.1.1 OBJETO DEL PROYECTO

El objeto de este proyecto es la definición de las actuaciones a llevar a cabo para la estabilización y regeneración de la playa de Sant Sebastià, en el T.M. de Sitges (Barcelona), la cual viene sufriendo un continuo proceso de erosión por pérdida de arena. Las obras consisten fundamentalmente en la aportación de arena de origen marino, obtenida en las proximidades de la obra, junto al Puerto de Aiguadolç, y un espigón que estabilice la arena vertida en la playa.

#### 8.1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES INCLUIDAS EN EL PROYECTO

La planta de las actuaciones propuesta se muestran en la Figura 121.-.

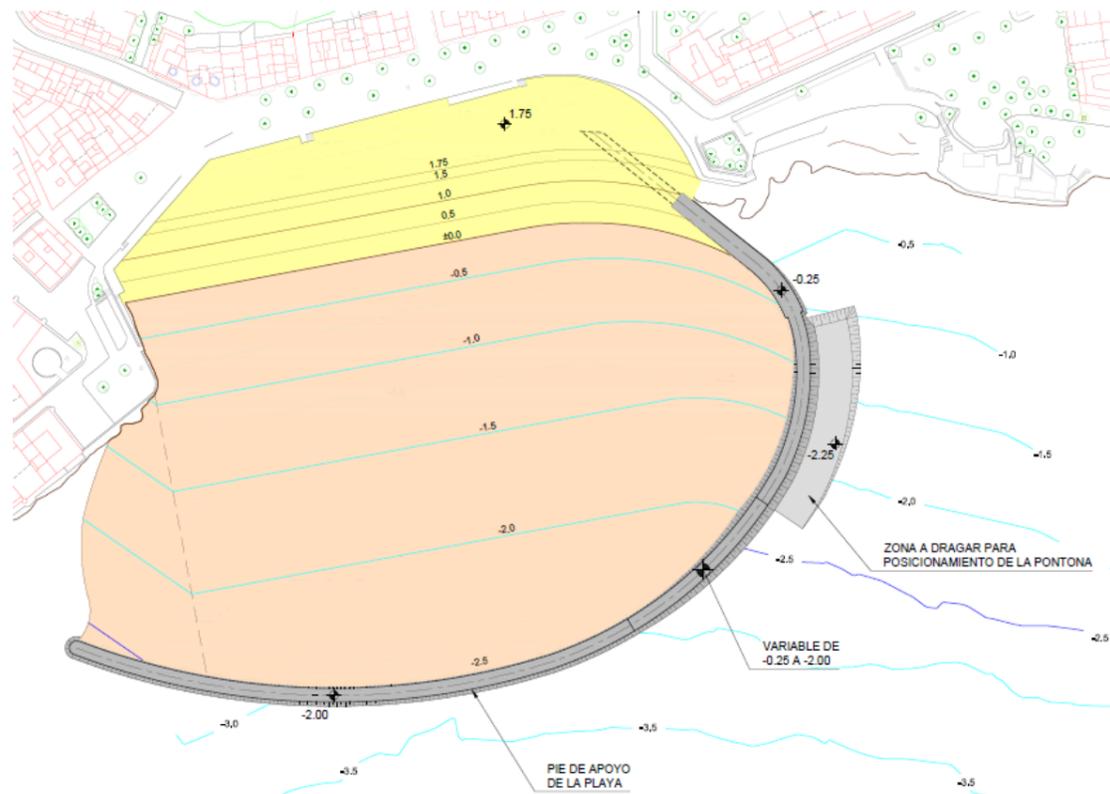


Figura 121.- Planta de la Alternativa finalmente escogida (Fuente: elaboración propia)

Los elementos más significativos de la actuación propuesta son:

- Construcción de un espigón sumergido, con una cota de coronación variable : a la cota -0,25 m r/CA en el tramo inicial , la -2,50 m r/CA en el tramo final y una cota variable en el tramo de transición entre los dos anteriores. El arranque del espigón se sitúa a levante de la playa (con objeto de evitar la pérdida de arena en dirección de oeste a este y la generada por una corriente de retorno en dirección hacia alta mar, cuya presencia se ha detectado en los estudios de detalle) y va girando hasta convertirse en un pie sumergido para contener el perfil sumergido que formará la arena vertida.
- Recarga de la playa de Sant Sebastià con arena marina extraída de la zona situada frente a la bocana del Puerto de Aiguadolç.
- Hito en el arranque del espigón
- Obras auxiliares que permitan el acceso de la maquinaria terrestre a la playa (desmontaje y posterior reposición de parte de la barandilla y construcción de una rampa para camiones con todo uno (sección F-F), con una anchura de 4,50 m y una pendiente del 10 % hasta alcanzar la cota +0,50 m a partir de la cual se mantiene horizontal hasta llegar al arranque del espigón (sección A-A, ver plano EIA-9). Será desmantelada una vez finalizadas las obras.

A continuación se describen los elementos más significativos de la actuación.

#### 8.1.2.1 Espigón

A continuación se describen las secciones tipo del espigón, que se muestran en la Figura 122.- y en plano EIA-7.2.

- Sección tipo A-A: corresponde al tramo ejecutado por medios terrestres y alcanza una profundidad de -1 m CA. Consiste en una sección trapezoidal formada por cantos de escollera con una masa media de 1.000 kg con una anchura de coronación de 6,75 m a la cota -0,25 m CA y taludes 1,5H:1V. No obstante para poder ejecutarla por medios terrestres es necesario el vertido de todo uno hasta la cota +0,50 de manera que haya continuidad con la sección F-F del acceso provisional con una anchura de 4,50 m y taludes 1,5H:1V
- Sección tipo B-B: corresponde al primer tramo ejecutado por medios marítimos y alcanza una profundidad de -2,25 m CA. Consiste en una sección trapezoidal formada por cantos de escollera con una masa media de 2.000 kg con una anchura de coronación de 5,00 m a la cota -0,25 m CA y taludes 1,5H:1V. No obstante para su ejecución por medios marítimos resulta necesario realizar un dragado lateral que permita la ubicación de la pontona desde la cual se coloca la escollera. La anchura de este dragado a la cota -2,25 m CA es de 15,00 m y los taludes 3H:1V.
- Sección tipo C-C: corresponde al tramo de transición entre los tramos coronados a la cota -0,50 m CA (sección B-B) y -2,00 m (sección D-D) y alcanza una profundidad de -3,00 m CA (con la función de pie de apoyo de la arena). Consiste en una sección trapezoidal formada por cantos de escollera con una masa media de 2.000 kg con una anchura de coronación de 5,00 m a una cota variable entre la -0,25 m CA y la -2,00 m CA y taludes 1,5H:1V.
- Sección tipo D-D: corresponde al último tramo (con la función de pie de apoyo de la arena). Consiste en una sección trapezoidal formada por cantos de escollera con una masa media de 1.000 kg con una anchura de coronación de 5,00 m a la cota -0,25 m CA y taludes 1,5H:1V.

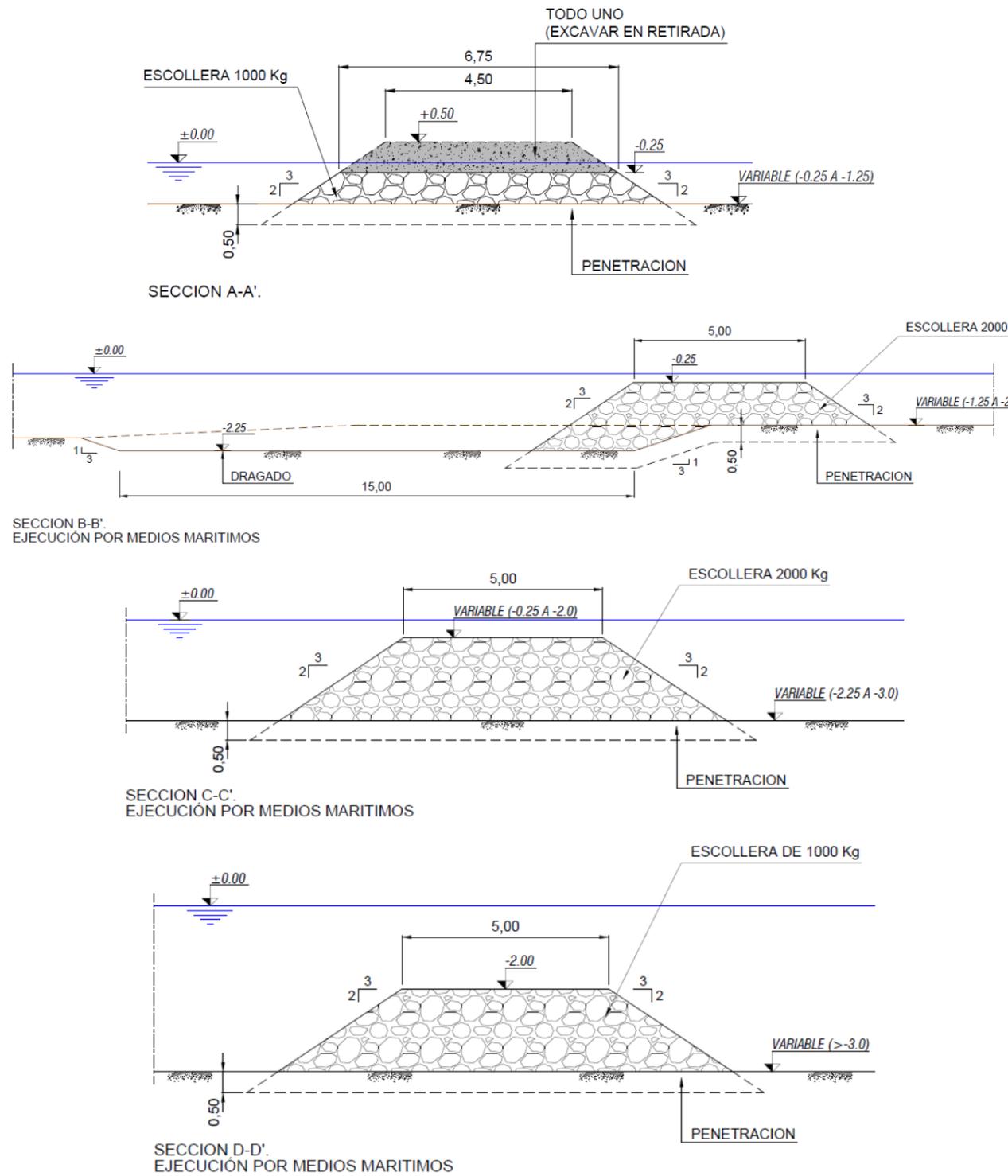


Figura 122.- Secciones tipo del espigón (Fuente: elaboración propia)

### 8.1.2.2 Aportación de arena

La playa será regenerada mediante arena de aportación de origen marino con un tamaño medio  $D_{50} = 0,197$  mm. El volumen de aportación ha sido obtenido a partir del perfil teórico de equilibrio con estrán lineal coronado a la cota +1,75 m CA. A esta cota se proyecta la berma superior de anchura variable, a partir de la cual se inicia el estrán lineal emergido entre las cotas +1,75 y +0,0 m CA con una pendiente constante 15H:1V y a continuación el tramo sumergido en el que la pendiente va incrementándose paulatinamente: así la cota -1,00 m CA se sitúa a 38,00 m de la línea de orilla (pendiente media 38H:1V), la cota -2,00 m CA a 106,80 m (pendiente media 53,4:1V) y la cota -2,50 m CA a 149,10 m (pendiente media 59,6H:1V), tal como se muestra en la Figura 123.- .

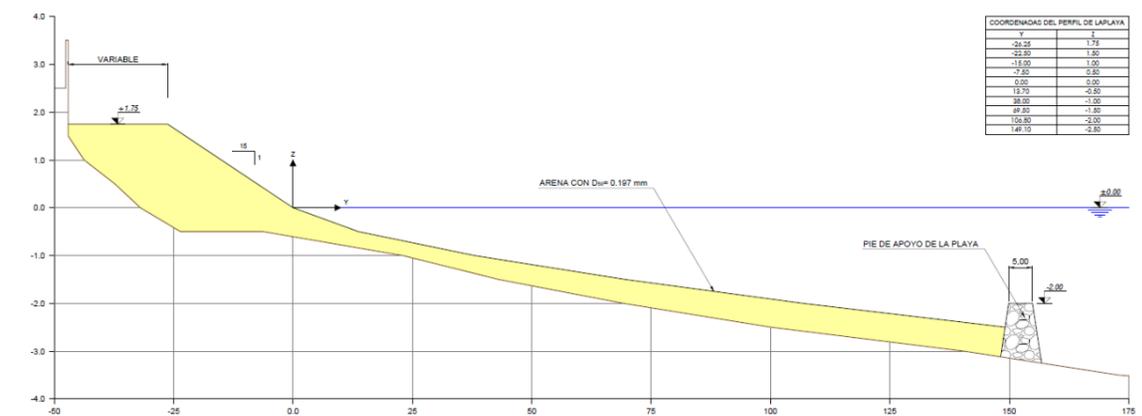


Figura 123.- Sección tipo de la aportación de arena (Fuente: elaboración propia)

### 8.1.2.3 Hito en el arranque del espigón

En el arranque del espigón se propone un hito de reducidas dimensiones consistentes en una rampa de hormigón en masa HM-30 con una forma en planta de espiral de Arquímedes, una anchura de 1,25 m y una pendiente longitudinal del 1 %. Su altura máxima sería de 1,80 m y su diámetro máximo en la base de 10,60 m por lo que su intrusión paisajística es menor (ver Figura 24.- ) y dota al entorno de otro conjunto escultórico.



Figura 124.- Perspectiva del hito en el arranque del espigón (Fuente: elaboración propia)

## 8.2 ALTERNATIVAS ANALIZADAS

Inicialmente se plantearon 4 alternativas, cuyas plantas se muestran en la Figura 125.- y que tienen en común la presencia de un espigón sumergido coronado a la cota -2,00 m cuya finalidad es efectuar de pie de apoyo del perfil sumergido de la playa y evitar que la arena aportada (de origen marino obtenida de las proximidades a la bocana del Puerto de Aiguadolç) ocupe la zona con presencia de *Cymodocea Nodosa*. La diferencia entre las 4 propuestas radica en la presencia de espigones transversales que sirvan de apoyo lateral a la playa y eviten el transporte longitudinal generado por el oleaje y la pérdida de sedimento; así la alternativa 1 no tiene ningún espigón transversal, la 2 uno a levante de la playa, la 3 uno a poniente de la playa y la 4 dos, uno en cada extremo. Con objeto de reducir la intrusión visual estos espigones se diseñaron sumergidos, con una cota de coronación de -0,25 m CA.

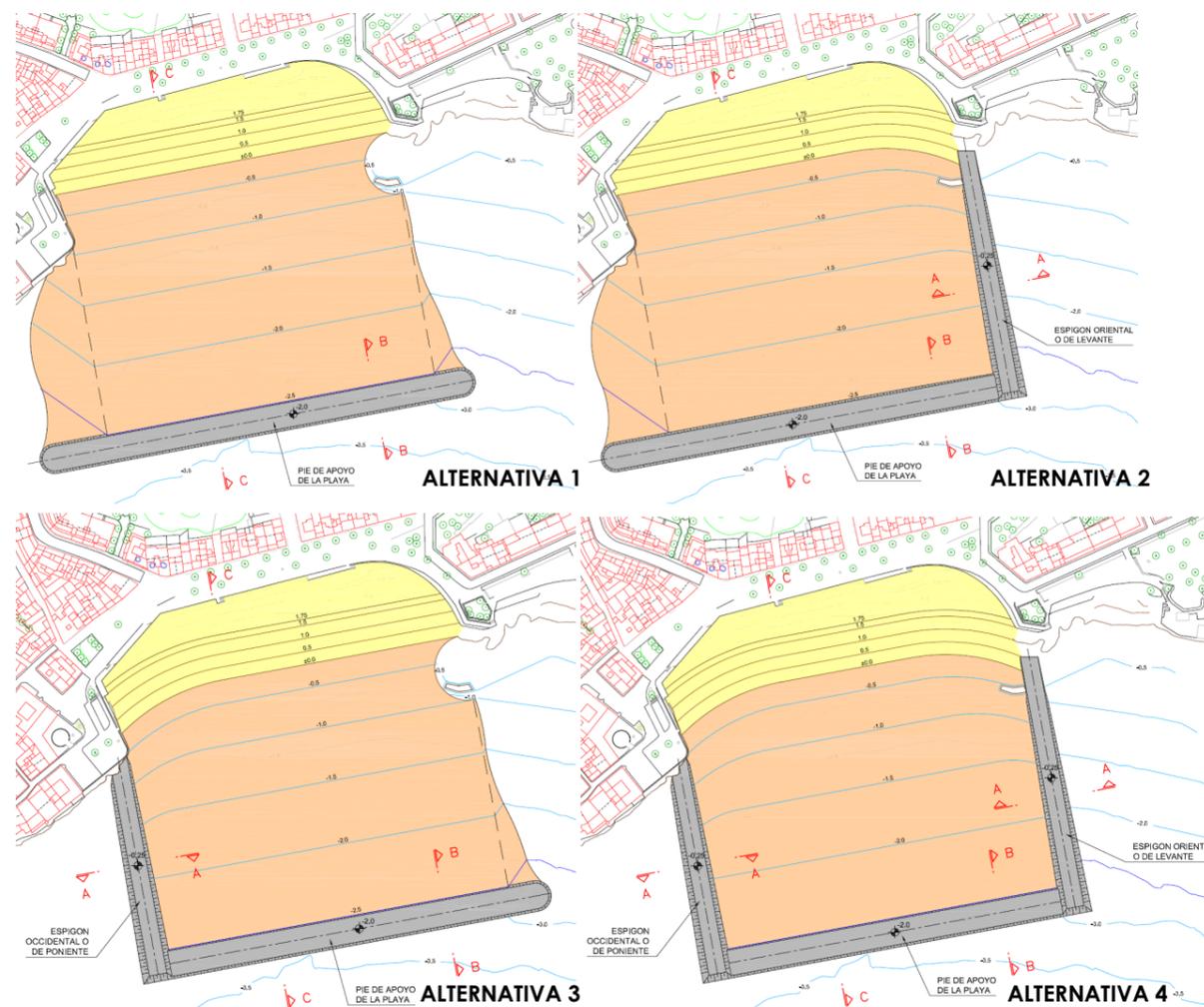


Figura 125.- Planta de las alternativas inicialmente propuestas y sección tipo de la aportación de arena y del espigón de pie de apoyo (Fuente: Elaboración propia)

Tras un análisis técnico, ambiental y económico se concluyó que la mejor alternativa era la 2

Pese al adecuado comportamiento de la alternativa 2, se analizó una variante de dicha solución con el objetivo de mejorar su encaje paisajístico en esta singular playa. Por tal motivo se diseñó una solución variante en la que la geometría ortogonal de los espigones fue reemplazada por una forma curva inspirada en la espiral logarítmica, que representa con bastante exactitud la forma en planta de playas "en concha", es decir, playas en equilibrio controladas por la difracción del oleaje en uno o varios polos. El inicio de la espiral se plantea como un mirador, que se construiría con hormigón en masa sobre la base de escollera, con la idea de recrear un gran caracol cuyo desarrollo va descendiendo hasta la cota -2,00 m C.A (ver Figura 126.- ).

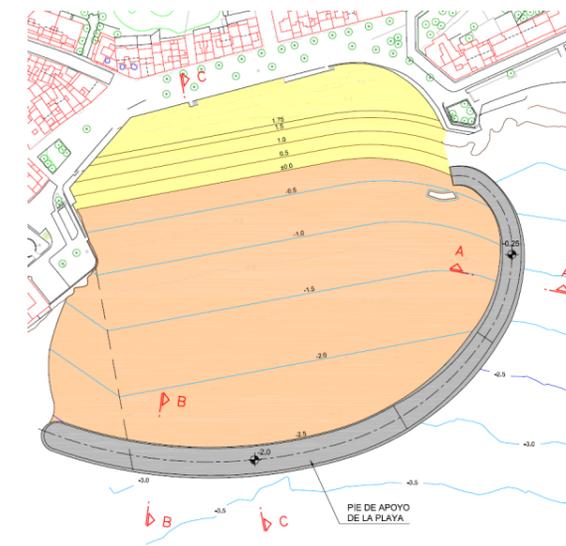


Figura 126.- Planta de la Variante 1 de la alternativa 2 (Fuente: Elaboración propia)

El análisis técnico, ambiental y económico de todas las propuestas concluyó que la propuesta óptima era la Variante de la Alternativa 2, seguida muy de cerca de la solución Base de la Alternativa 2.

También se analizaron dos propuestas (alternativa 5 base y variante) en las que la arena empleada era mixta, mezcla de arena marino (en una proporción del 40 %) y de origen terrestre procedente de las canteras del Garraf (en una proporción del 60 %), con la finalidad de conseguir una arena más gruesa (con  $D_{50} > 0,25$  mm) de manera que el perfil de playa tuviese mayor pendiente y pudiese intersectar con el fondo marino de forma natural fuera de la zona de *Cymodocea N.* y por tanto evitase la necesidad de construir el espigón de pie de apoyo (ver Figura 127.- ).

El análisis técnico, ambiental y económico de todas las propuestas concluyó que la propuesta óptima seguía siendo la Variante de la Alternativa 2, seguida muy de cerca de la solución Base de la Alternativa 2.

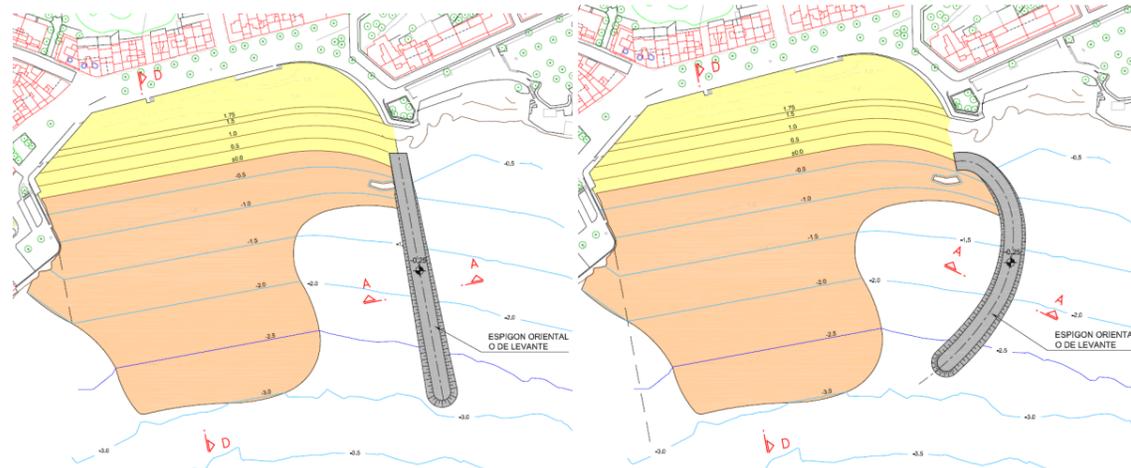


Figura 127.- Planta de la alternativa 5 base (izquierda) y variante (derecha) (Fuente: elaboración propia)

Finalmente para las alternativas 2 (base y variante) se analizó qué procedimiento constructivo de los espigones era el más adecuado: si el terrestre (que exigía un mayor volumen de escollera y el empleo de camiones para su transporte) o el marítimo (que exigía un menor volumen de escollera pero el empleo de gánguiles y/o pontona para su transporte y colocación, de manera que el precio unitario era superior). Las secciones tipo se muestran en la Figura 128.-

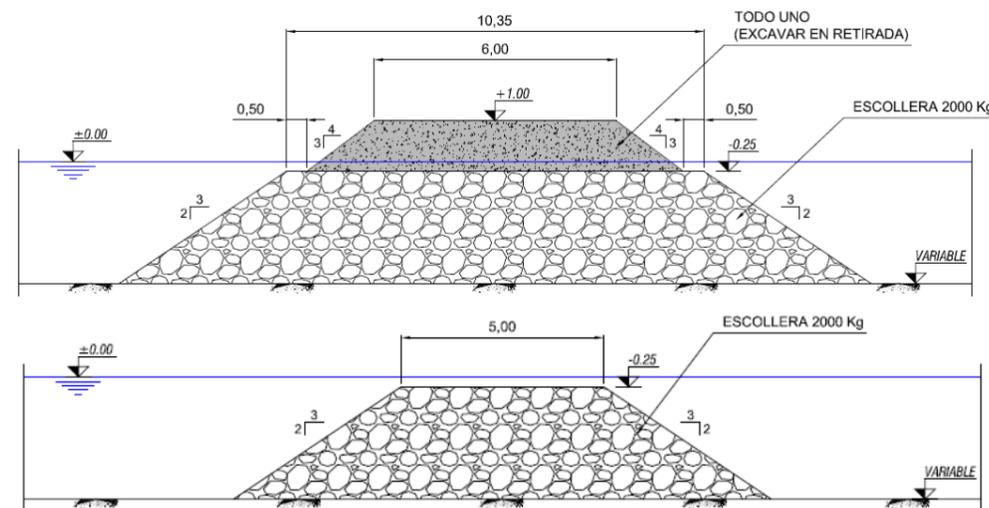


Figura 128.- Comparación de la sección tipo A-A del espigón ejecutada por medios terrestres (arriba) y marítimos (abajo) (Fuente: elaboración propia)

El análisis técnico, ambiental y económico de todas las propuestas concluyó que la propuesta óptima era la Variante de la Alternativa 2 ejecutada por medios marítimos, seguida muy de cerca de la solución Base de la Alternativa 2 ejecutada por medios marítimos.

Por todo ello la solución finalmente adoptada y desarrollada en el Proyecto fue la Variante de la alternativa 2 ejecutada por medios marítimos.

### 8.3 INVENTARIO AMBIENTAL

Se ha realizado un exhaustivo inventario ambiental de la zona de proyecto (que se incluye en el apartado 3 de este documento) y en el que se han analizado, entre otras, las diferentes variables ambientales susceptibles de ser afectadas por el proyecto y que se listan a continuación:

- METEOROLOGÍA
- CALIDAD DEL AIRE
- TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA
- OCEANOGRAFÍA: MAREA, OLEAJE, VIENTO Y CORRIENTES
- CALIDAD DEL AGUA
- DINÁMICA LITORAL
- ESTUDIO DE BIONOMÍA Y BIOCENOSIS EXISTENTES. COMUNIDADES NATURALES
- ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS
- ACTIVIDAD PESQUERA
- ELEMENTOS ANTRÓPICOS SUBMARINOS
- PATRIMONIO HISTÓRICO Y CULTURAL
- PAISAJE

Asimismo se han analizado las interacciones ecológicas claves del proyecto y se ha efectuado el estudio comparativo de la situación ambiental actual y tras la actuación, para cada una de las alternativas consideradas.

### 8.4 PRINCIPALES IMPACTOS GENERADOS

A partir del análisis de la interacción entre elementos generadores y los elementos receptores de impacto, que se produce a través de una serie de mecanismos, lineales en unos casos y complejos en otros, se han identificado los principales mecanismos a través de los cuales se producen los diferentes impactos detectados y que a continuación se describen de una manera discriminada en función del medio sobre el que actúan (abiótico, biótico y antrópico –que incluye el perceptual–).

#### 8.4.1 SOBRE EL MEDIO ABIÓTICO

El medio físico-químico constituye el soporte del conjunto de sistemas, por lo que los mecanismos de actuación sobre él trascienden a los componentes bióticos que mantienen una relación de equilibrio con la calidad del medio. Por ejemplo, toda modificación significativa y persistente en la transparencia del agua o en su calidad química (concentración de nutrientes, oxígeno disuelto, etc.) implica una alteración en la estructura de las comunidades naturales, con un grado de sensibilidad diferente; así, las comunidades bentónicas, por su dependencia del sustrato y la falta de capacidad de huida, son

las más influenciadas por las alteraciones del sistema como se describe más adelante. Los mecanismos generadores de impacto sobre este medio que se han detectado son los siguientes (entre paréntesis se ha señalado la componente del medio abiótico sobre la que actúan):

- 1.- **Afección a la dinámica litoral** como consecuencia de la creación de barreras al transporte litoral [*fondo marino*].
- 2.- **Modificación de la batimetría y naturaleza del sustrato** como consecuencia del vertido de materiales sobre los actuales fondos y que en el caso del espigón además es de naturaleza diferente, al tratarse de roca en lugar de la arena actualmente existente [*fondo marino*].
- 3.- **Alteración de la calidad atmosférica y acústica** de ida a la emisión de ruidos y contaminantes por parte de la maquinaria empleada en la obra [*aire*].
- 4.- **Incremento de la turbidez en la columna de agua** como consecuencia de la puesta en suspensión de la fracción fina de los materiales durante la fase de obras [*agua*].
- 5.- **Alteración de la calidad química del agua** como consecuencia de la puesta en suspensión de la fracción fina de los materiales con la eventual movilización de nutrientes y sustancias contaminantes contenidas en los materiales, así como por el vertido accidental de hidrocarburos, todo ello durante la fase de obras [*agua*].

#### 8.4.2 SOBRE EL MEDIO BIÓTICO

La complejidad de las comunidades bentónicas las convierte en indicadoras de los cambios en el sistema ya que su inmovilidad las hace muy dependientes de las condiciones del entorno y de las modificaciones que los vertidos y eventuales dragados puedan introducir (esto justifica su estudio preferente frente a otros comportamientos del medio biótico). Los mecanismos generadores de impacto sobre este medio que se han detectado son los siguientes (entre paréntesis se ha señalado la componente del medio biótico sobre la que actúan):

- 6.- **Afección a las comunidades naturales terrestres** florísticas o faunísticas, debido a la eventual destrucción o perturbación generada en la zona de extracción de la escollera [*comunidades naturales*].
- 7.- **Afección a las comunidades bentónicas**, por un lado debido al dragado de la arena a emplear en la regeneración y a la ocupación directa del fondo marino por el material de escollera para la construcción de los espigones y por la arena aportada para la creación la nueva playa y por otro lado como consecuencia de la modificación de las condiciones en el agua (turbulencia y calidad química, incluyendo el vertido accidental de hidrocarburos) durante la ejecución de las obras y que en este caso afectaría también temporalmente a comunidades ubicadas fuera de las zonas ocupadas directamente por las obras. Además una vez finalizadas las obras la tipología de obra del espigón (tipo arrecife) podría favorecer el desarrollo de especies bentónicas [*comunidades naturales*].

- 8.- **Afección a las comunidades planctónicas y neríticas**, consistente en la modificación de las comunidades de fitoplancton a causa del cambio en las condiciones físicas (turbidez) o químicas (nutrientes e hidrocarburos vertidos accidentalmente) del medio durante la ejecución de la obra. Por otro lado una vez finalizadas las obras la tipología de obra del espigón (tipo arrecife) podría favorecer el desarrollo de especies neríticas [*comunidades naturales*].
- 9.- **Afección a hábitats protegidos (Cymodocea Nodosa) fuera de los Espacios Naturales Protegidos**, como consecuencia de la puesta en suspensión de finos durante la ejecución de la obra y que eventualmente podrían llegar a las zonas ocupadas por estas especies [*comunidades naturales*].
10. **Afección a especies protegidas (delfín mular y tortuga bobo y Posidonia Oceanica) en los Espacios Naturales Protegidos**. A pesar que estas 2 especies no suelen prodigarse en la zona litoral, eventualmente podría producirse su afección indirecta como consecuencia de la modificación en las condiciones físicas (turbidez) o químicas (nutrientes) del medio durante la ejecución de la obra, si bien su probabilidad es baja [*Espacios Naturales Protegidos*].
- 11.- **Afección al resto de especies de los Espacios Naturales**, como consecuencia de la puesta en suspensión de finos y al vertido accidental de hidrocarburos durante la ejecución de la obra [*Espacios Naturales Protegidos*].

#### 8.4.3 SOBRE EL MEDIO ANTRÓPICO

El borde litoral representa un medio con condiciones especialmente favorables para el desarrollo de la actividad humana en sus múltiples facetas. En consecuencia, se produce una convergencia de usos sobre el medio que tratan de aprovechar los recursos ofrecidos. La simultaneidad espacial y temporal de los diversos usos suele generar conflictos en razón del grado de compatibilidad entre unos y otros. Los mecanismos generadores de impacto sobre este medio que se han detectado son los siguientes (entre paréntesis se ha señalado la componente del medio antrópico sobre la que actúan):

- 12.- **Alteración del paisaje**, como consecuencia de la construcción del espigón (si bien es sumergido), y la ampliación de la superficie de playa seca; también se incluye a la afección en la zona de la cantera donde se obtendrá la escollera [*paisaje*].
- 13.- **Alteración de recursos pesqueros** como consecuencia de la puesta en suspensión de la fracción fina de los materiales con la eventual movilización de nutrientes y sustancias contaminantes contenidas en los materiales, así como por el vertido accidental de hidrocarburos, todo ello durante la fase de obras [*actividades socio-económicas*].
- 14.- **Alteración de actividades recreativas y de ocio**. La ampliación de la superficie de playa seca incrementará el uso del litoral y las actividades recreativas y de ocio en esta zona turística [*actividades socio-económicas*].

La cuantificación y evaluación de todos estos impactos se presenta en forma de unas fichas (ver apartado 4.1.3) que se resume en forma de la matriz causa – efecto mostrada en la Tabla 44.-



Es recomendable, como medida moderadora de carácter general, situar la realización de la obra fuera de la época de verano ya que de este modo se logra una mitigación significativa en la intensidad del impacto debido a la disminución de la población usuaria.

#### Reducción del plazo de ejecución

La elección de la alternativa que implica una menor necesidad de materiales de cantera implica una reducción significativa de los impactos en la zona de obtención de los materiales. Deberán utilizarse medios de gran capacidad para reducir también el plazo de ejecución.

#### Medidas moderadoras relacionadas con el transporte de los áridos de origen continental

Tiene por finalidad la determinación de rutas de acceso, horario de paso y frecuencia máxima horaria de vehículos que evite la generación de molestias a la población residente cercana.

##### 8.5.1.2 Medidas correctoras o reductoras

El objeto de las medidas correctoras es disminuir el impacto residual que la obra genera en el entorno: su coste económico deberá incorporarse al proyecto. En este caso las principales medidas correctoras se relacionan con la reducción de la dispersión de los finos y con el transporte de los materiales desde la cantera hasta la zona de regeneración. Se indican las principales:

- Uso de barreras que eviten la dispersión de finos en la zona de extracción de la arena marina.
- Uso de camiones provistos de lona para el transporte de áridos de origen continental.
- Riego frecuente de los viales de acceso.
- Barrido de los viales en caso que se considere necesario.
- Mantenimiento adecuado de las vías de circulación de los transportes.

##### 8.5.1.3 Medidas compensatorias

Las escolleras necesarias para la obra deberán obtenerse de una cantera legalizada, que disponga de un plan de restauración del medio. En consecuencia, las comunidades vegetales que puedan quedar destruidas a consecuencia de la extracción de los materiales necesarios para la obra, deberá compensarse a través de la replantación de especies autóctonas de acuerdo con el programa aprobado.

## 8.5.2 EN LA ZONA DE APORTACIÓN

La mayoría de las medidas propuestas mantienen un paralelismo con las descritas en el ámbito de explotación del yacimiento, por lo que algunas de ellas se identifican de forma resumida.

### 8.5.2.1 Medidas preventivas o moderadoras

Como se ha comentado, las medidas preventivas o moderadoras de los impactos de carácter negativo quedan integradas en el propio proyecto y actúan desde el momento inicial.

- Uso de medios poco impactantes: flota de camiones y parque de maquinaria que cumpla con los límites de emisión.
- Para evitar los impactos sobre la calidad del agua deben reducirse los productos residuales de obra, evitar cualquier vertido contaminante al medio marino, etc.
- Los materiales presentarán unas características granulométricas próximas a los de la zona de recepción.
- Evitar la manipulación de materiales en días con condiciones meteorológicas desfavorables (tanto atmosféricas como marinas).
- Elegir un calendario adecuado de obras (preferentemente fuera de verano).
- Procurar una decantación de los materiales antes del vertido en el medio acuático.
- Anunciar el inicio de las obras para retirar los artes de pesca instalados en las zonas próximas a las obras.

### 8.5.2.2 Medidas correctoras o reductoras

Como ya se ha comentado, el objeto de las medidas correctoras o reductoras es disminuir el impacto residual que la obra genera en el entorno y su coste económico deberá incorporarse al proyecto. En este caso las medidas correctoras se relacionan con la reducción de la dispersión de los finos.

- Uso de barreras que eviten la dispersión de finos en la zona de obras (vertido de escollera y de arena).

### 8.5.2.3 Medidas compensatorias

No se prevén medidas compensatorias en la zona de aportación de arena y escollera.

## 8.5.3 OTRAS MEDIDAS GENERALES

### 8.5.3.1 Medidas preventivas o moderadoras

Las medidas moderadoras han sido incorporadas a nivel de Proyecto, que ha desarrollado la solución que desde un punto de vista ambiental menor impacto introduce en la calidad del medio; no suponen en principio ningún coste específico. Se plantean como consecuencia del análisis llevado a cabo a partir del inventario ambiental a fin de introducir las menos alteraciones posibles. Se consideran como más importantes:

- La elección de una solución constructiva que reduce las mediciones tanto en escollera como en arenas a fin de moderar la artificialización.
- Diseño del espigón sumergido para limitar la artificialización del medio y con una planta que evite la interferencia directa sobre las comunidades de fanerógamas.
- Evitar la sobrealimentación innecesaria de la playa.
- Determinación de perfil y planta adecuados para la consecución de los objetivos.
- Color de arena semejante al actual, siempre que ello sea posible en función de los materiales disponibles.

8.5.3.2 Medidas correctoras o reductoras

Las medidas correctoras son actuaciones que se aplican durante las obras a fin de reducir el impacto residual; el general llevan un coste asociado que debe ser asumido por la empresa Constructora a fin de garantizar los objetivos de sostenibilidad planteados en el estudio.

- Control de la calidad de los materiales a fin de comprobar que se ajusta a lo previsto, lo que implicará unos gastos analíticos
- Desarrollar un programa de vigilancia ambiental de la obra que procure también el control del hallazgo de restos arqueológicos.

8.5.3.3 Medidas compensatorias

Estas medidas no disminuyen la magnitud del impacto provocado pero aminoran su efecto en la globalidad del sistema al compensar la incidencia negativa de una actuación con otra acción que puede provocar un beneficio en el entorno. En este caso no se considera necesario la introducción de medidas compensatorias de carácter general.

8.5.4 MATRIZ DE IMPACTOS RESIDUALES

La aplicación de las medidas reductoras del impacto (tanto moderadoras como correctoras) tienen como resultado que el impacto residual sea de menor intensidad que el resultante inicialmente de la actuación. Los cambios producidos se recogen en la Tabla 45.-, que muestra la reducción en la intensidad de los impactos y que da lugar a la matriz de impactos residual mostrada en la Tabla 46.-

Tabla 45.- Reducción de la intensidad de los impactos (Fuente: elaboración propia)

	ANTES DE LAS MEDIDAS	DESPUÉS DE LAS MEDIDAS
Nulo	1	4
Compatibles	6	7
Moderados	6	2
Severos	1	1
Críticos	0	0

Si se asigna un valor 0 a los impactos nulos (N = 0), 1 a los impactos compatibles (C = 1), 2 a los moderados (M = 2) y 4 a los severos (S = 4), se obtiene el siguiente resultado:

- Antes aplicación medidas reductoras:  $\Sigma(1N+6C+6M+1S) = 1 \times 0 + 6 \times 1 + 6 \times 2 + 1 \times 4 = 22$
- Después aplicación medidas reductoras:  $\Sigma(4N+7C+2M+1S) = 4 \times 0 + 7 \times 1 + 2 \times 2 + 1 \times 4 = 15$

En consecuencia, la aplicación de las medidas reductoras del impacto tiene como consecuencia en relación a los impactos residuales:

- Se reduce el número de impactos no nulos: de 13 a 10
- Se mantiene el impactos de carácter severo (1)

- Disminuyen los impactos de carácter moderado (de 6 a 2) y se incrementan los de carácter compatible (de 6 a 7)
- De acuerdo con la valoración aplicada, el impacto residual puede estimarse en un  $15 / 22 = 68\%$  del impacto inicial, con lo que la eficacia de las medidas es evidente

Puesto que ninguno de los impactos residuales, una vez implementadas las medidas moderadoras y correctoras, presenta la condición de crítico y solamente hay un severo, **se considera que la obra definida en el Proyecto es viable desde el punto de vista ambiental** a condición de que se atiendan todas las recomendaciones definidas en el estudio, referidas sobre todo a la alternativa escogida para el Proyecto y a la procedencia de los materiales.

Tabla 46.- Matriz de impacto residual como aplicación de las medidas correctoras propuestas (Fuente: elaboración propia)

Medio afectado / Impacto	Evaluación antes Medidas correctoras	Efecto medidas moderadoras/correctoras	Evaluación después Medidas correctoras
1. Medio abiótico: afección de la dinámica litoral	COMPATIBLE	≈	COMPATIBLE
2. Medio abiótico: modificación batimétrica y naturaleza del sustrato	MODERADO	≈	MODERADO
3. Medio abiótico: alteración de la calidad atmosférica y acústica	COMPATIBLE	→	NULO / SIN IMPACTO
4. Medio abiótico: incremento de la turbidez en la columna de agua	MODERADO	→	COMPATIBLE
5. Medio abiótico: alteración de la calidad química del agua	MODERADO	→	COMPATIBLE
6. Medio biótico: afección de las comunidades naturales terrestres	NULO / SIN IMPACTO	≈	NULO / SIN IMPACTO
7. Medio biótico: afección a las comunidades bentónicas	SEVERO	≈	SEVERO
8. Medio biótico: afección a las comunidades planctónicas y neríticas	COMPATIBLE	→	NULO / SIN IMPACTO
9. Medio biótico: afección a hábitats protegidos: <i>Cymodocea Nodosa</i>	MODERADO	→	COMPATIBLE
10. Medio biótico: afección a especies protegidas tortuga boba, delfín mular y <i>Posidonia Oceanica</i>	MODERADO	→	COMPATIBLE
11. Medio biótico: afección al resto de especies de los Espacios Naturales	COMPATIBLE	→	NULO / SIN IMPACTO
12. Medio antrópico: alteración del paisaje	COMPATIBLE	≈	COMPATIBLE
13. Medio antrópico: alteración de recursos pesqueros	COMPATIBLE	≈	COMPATIBLE
14. Medio antrópico: alteración de las actividades recreativas y de ocio	MODERADO	≈	MODERADO

## 8.6 PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL

En el apartado 7 de este documento se detalla el Programa de Vigilancia y Seguimiento Ambiental (PVA), que abarcará tres ámbitos de control:

- Zona de playa (dragado y vertido de arenas y vertido de escollera para la construcción del espigón).
- Zona de extracción de la escollera (canteras).
- Vías de acceso para el transporte de la escollera.

El alcance del Programa de Vigilancia Ambiental que se incluye en dicho apartado ha de considerarse como indicativo y responde únicamente al contenido del Estudio de Impacto Ambiental. Es probable que durante el trámite administrativo se añadan nuevos condicionados, aunque el programa ha sido redactado de acuerdo con nuestra experiencia en estudios de parecidas características. Para una definición práctica de los mismos, se han considerado tres fases:

- Fase previa: con anterioridad al inicio de las obras, se corresponde con la organización de la asistencia y la implantación
- Fase de obras.
- Fase operacional (tras la finalización de las obras).

A continuación se resume su contenido.

En la FASE PREVIA se han considerado las siguientes medidas:

- Constitución del equipo de trabajo, nombramiento de la Dirección Ambiental y coordinación con la Dirección de Obra. El equipo estará formado por un Director Ambiental con dedicación parcial y un inspector ambiental permanente a pie de obra.
- Revisión del sistema de gestión ambiental por parte de los adjudicatarios de la obra. Incorporación de las mejoras que se consideren necesarias. Aprobación final.
- Revisión del Proyecto Constructivo a fin de comprobar que se incluyen todas las medidas correctoras definidas a nivel de estudio de impacto ambiental, incluida la programación de las obras en los meses de menor interferencia con el uso del litoral.
- Revisión del marco normativo ambiental (comunitario, estatal, autonómico y municipal) que es de aplicación a la obra.
- Planificación metodológica del funcionamiento de la asistencia técnica.
- Realización de una campaña preoperacional de muestreo y medidas de diferentes vectores ambientales con la finalidad de definir el 'Estado Cero' del medio antes de las obras y definir los valores de referencia para el seguimiento ambiental. En la Tabla 29.- se incluye el alcance del estudio de 'Estado Cero'.
- Propuesta de valores de referencia para los diferentes vectores ambientales implicados en la obra.
- Instalación oficina a pie de obra
- Planificación metodológica del funcionamiento de la asistencia técnica

- Análisis de la idoneidad de los accesos provisionales a la obra a fin de minimizar el impacto sobre el medio atmosférico y la población residencial cercana
- Comprobación de que los pescadores de la zona han retirado los artes (nasas y trasmallos) de la zona de obras

En la FASE DE OBRAS se han considerado las siguientes medidas:

- En las canteras / zona de obtención de la arena
  - Comprobación de que las canteras para la obtención de escolleras están legalizadas de acuerdo con la normativa que es de aplicación. Revisión de los planes de restauración
  - Comprobación de que la calidad de los materiales destinados a la obra y de que el porcentaje de finos en la arena es en promedio inferior al 1% y puntualmente inferior al 2%
- En las vías de acceso
  - Adaptación del programa de controles y medidas a las condiciones concretas del programa de obras del contratista
  - Análisis de la idoneidad de los accesos a la obra a fin de minimizar el impacto sobre el medio atmosférico y la población humana
  - Supervisión de las vías de acceso de la obra, horarios previstos para el paso de camiones, número máximo de unidades por hora
  - Control de la aplicación de todas las medidas protectoras tendentes a la reducción de los impactos (camiones con caja cubierta con lona, riego frecuente viales, barrido de viales en caso de necesidad, fosa de lavado de ruedas, utilización de maquinaria de alta capacidad, cumplimiento de los límites de emisión de ruidos y contaminantes atmosféricos, etc).
  - Medida quincenal del nivel de ruidos en las mismas estaciones que en el estudio preoperacional. Las medidas se realizarán en dos franjas horarias, de las que sólo una coincidirá con los horarios de trabajo de la obra
- En la zona de aportación y dragado
  - Balizamiento de la zona de aportación mediante boyas con el fin de que en todo momento sea posible comprobar si las operaciones se llevan a cabo en su totalidad en la zona recomendada.
  - Comprobación de los perfiles batimétricos de la zona de aportación de la cartografía biónómica a fin de certificar que la zona de está completamente libre de cualquier impedimento de tipo ambiental.
  - Control de que la descarga de los materiales se realiza de forma apropiada, procurando la sedimentación de los finos con anterioridad a su empuje hasta el agua
  - Control de que la descarga de los materiales se realiza con la presencia de barreras anticontaminantes de acuerdo a lo indicado en el proyecto

- Control continuado en la zona de aportación de toda una serie de variables ambientales que pueden verse afectadas por la operación.
- Control topográfico-batimétrico continuo de la zona de vertido a fin de conocer su evolución: grado de uniformidad en el material depositado y reducción de los calados a medida que avance el vertido de materiales.
- Control de la posible aparición de restos arqueológicos o del patrimonio histórico, comunicando inmediatamente el hallazgo a las autoridades competentes.
- Control de la deposición de correcta de los excedentes de tierras y de los materiales no aptos. Cumplimiento de las condiciones para la gestión de tierras
- Control de que la empresa adjudicataria de las obras no realiza mantenimientos de maquinaria en la parcela y que, en cualquier caso, dispone de los elementos necesarios para evitar que las averías produzcan contaminación en el medio.
- Control de la gestión de los residuos líquidos y sólidos realizados durante las obras. Control de la ubicación y usos de almacenes
- Control permanente de la calidad de las variables del medio terrestre que pueden resultar afectadas en esta fase de las obras. El programa de muestreo dará continuidad a las medidas preoperacionales, con el alcance indicado en la Tabla 40.-
- Control permanente de la calidad de las variables del medio marino que pueden resultar afectadas en esta fase de las obras. El programa de muestreo tendrá el alcance indicado en la Tabla 41.- y Tabla 42.- .
- Control de eventuales aterramientos en la zona de *Cymodocea Nodosa* y de *Posidonia Oceanica*.

En la FASE OPERACIONAL se han considerado las siguientes medidas a realizar en la zona de aportación durante los 2 años siguientes a la ejecución de las obras y con periodicidad anual.

- Control continuado en la zona de aportación de toda una serie de variables ambientales que pueden verse afectadas por la operación. Seguimiento de la evolución de la calidad del agua de acuerdo con el programa de muestreo mostrado en la Tabla 41.-
- Control topográfico-batimétrico de la zona de vertido a fin de conocer su evolución temporal y comportamiento respecto al teórico previsto en proyecto.

El presupuesto ha sido estimado a partir de un plazo de ejecución de las obras de 3 meses. Según lo descrito en el párrafo anterior durante este tiempo, el programa de vigilancia ambiental constará de:

- Participación de personal: un director ambiental (con dedicación del 20%), un técnico que supervise todos los días que la ejecución de las obras se realiza conforme a lo establecido en el PVA (con dedicación del 50%) y personal técnico de apoyo para realizar los trabajos de campo.
- Análisis y trabajos de campo (incluyendo tanto las previas a la obra, las que deben realizarse durante las obras y las de la fase operacional).
- Edición de informes mensuales.

En la Tabla 47.- se incluyen las cantidades detalladas para cada una de las partidas que componen el Programa de Vigilancia Ambiental.

Tabla 47.- Presupuesto del Programa de Vigilancia Ambiental (Fuente: elaboración propia)

CONCEPTO		MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE (€)
Mes	Director ambiental, titulado superior con más de 10 años de experiencia y dedicación al 20% y emisión de informes	3	1.000	3.000
Mes	Técnico a pie de obra, titulado superior, con al menos 5 años de experiencia en la vigilancia ambiental. Dedicación al 50 % con visitas todos los días a la obra..	3	1.700	5.100
Ud	Muestras y analíticas en fases pre-constructiva, constructiva y operacional	1	34.000	34.000
Ud	Levantamientos y comprobaciones topográfico-batimétricas en fase operacional	2	2.500	5.000
			<b>SUMA</b>	<b>47.100</b>

De acuerdo con las unidades detalladas, asciende el presente Presupuesto de Ejecución Material (IVA no incluido) del Programa de Vigilancia Ambiental a la cantidad de CUARENTA Y SIETE MIL CIEN EUROS (47.100 €). Dicho importe ha sido incluido en el presupuesto de la obra como Partida Alzada (PA), si bien la Propiedad se reserva el derecho de adjudicar esos trabajos a una empresa especializada que efectúe las tareas de Dirección Ambiental de las obras.

Barcelona, enero de 2019

El Director del Proyecto

El Autor del Proyecto



Ana María Castañeda Fraile  
Dra. Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos  
Jefa del Servicio de Proyectos y Obras  
Demarcación de Costas en Cataluña

F. Javier Escarfin Garcia  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Colegiado nº 11.275



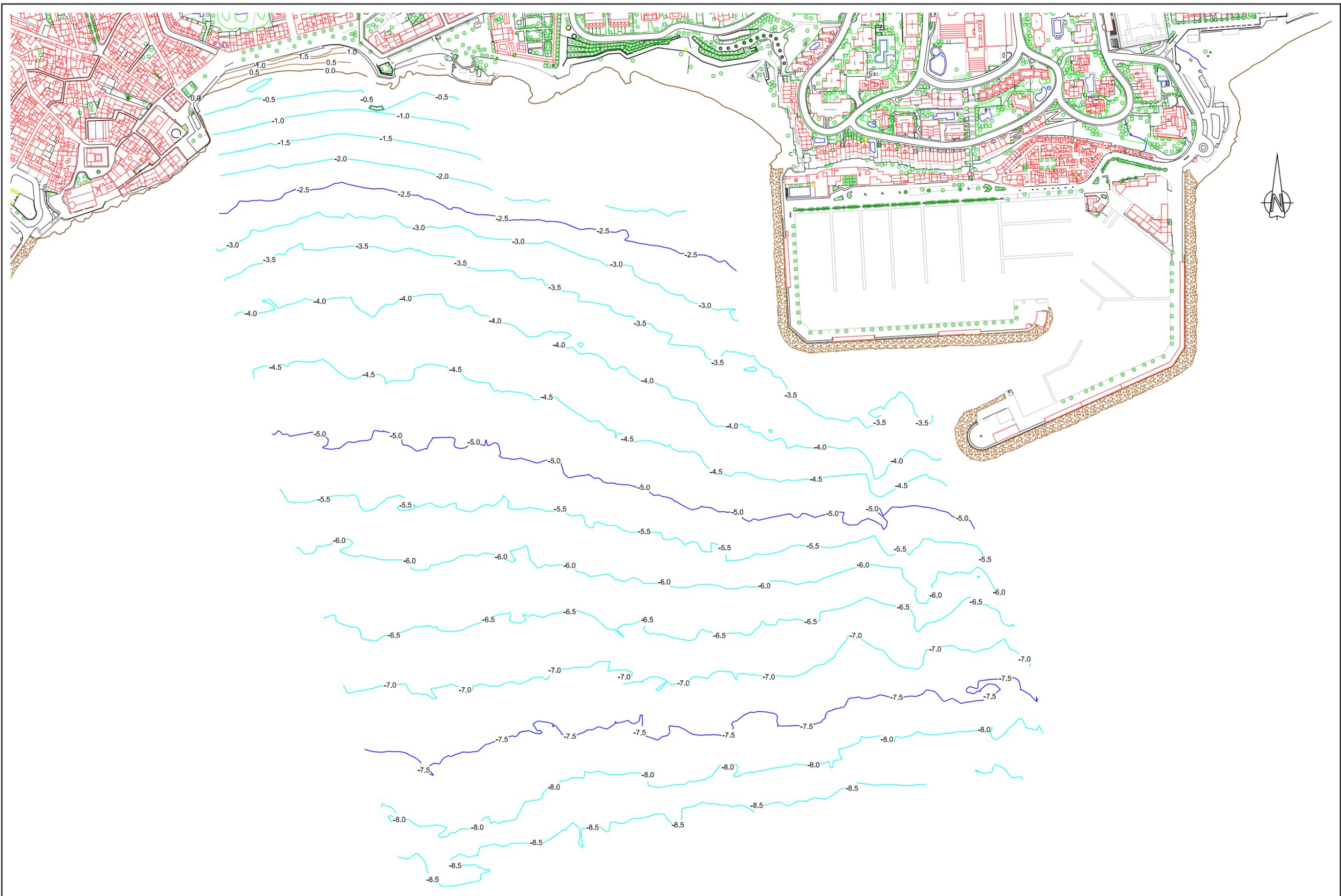
## APÉNDICE 1. PLANOS



## ÍNDICE DEL APÉNDICE 1. PLANOS

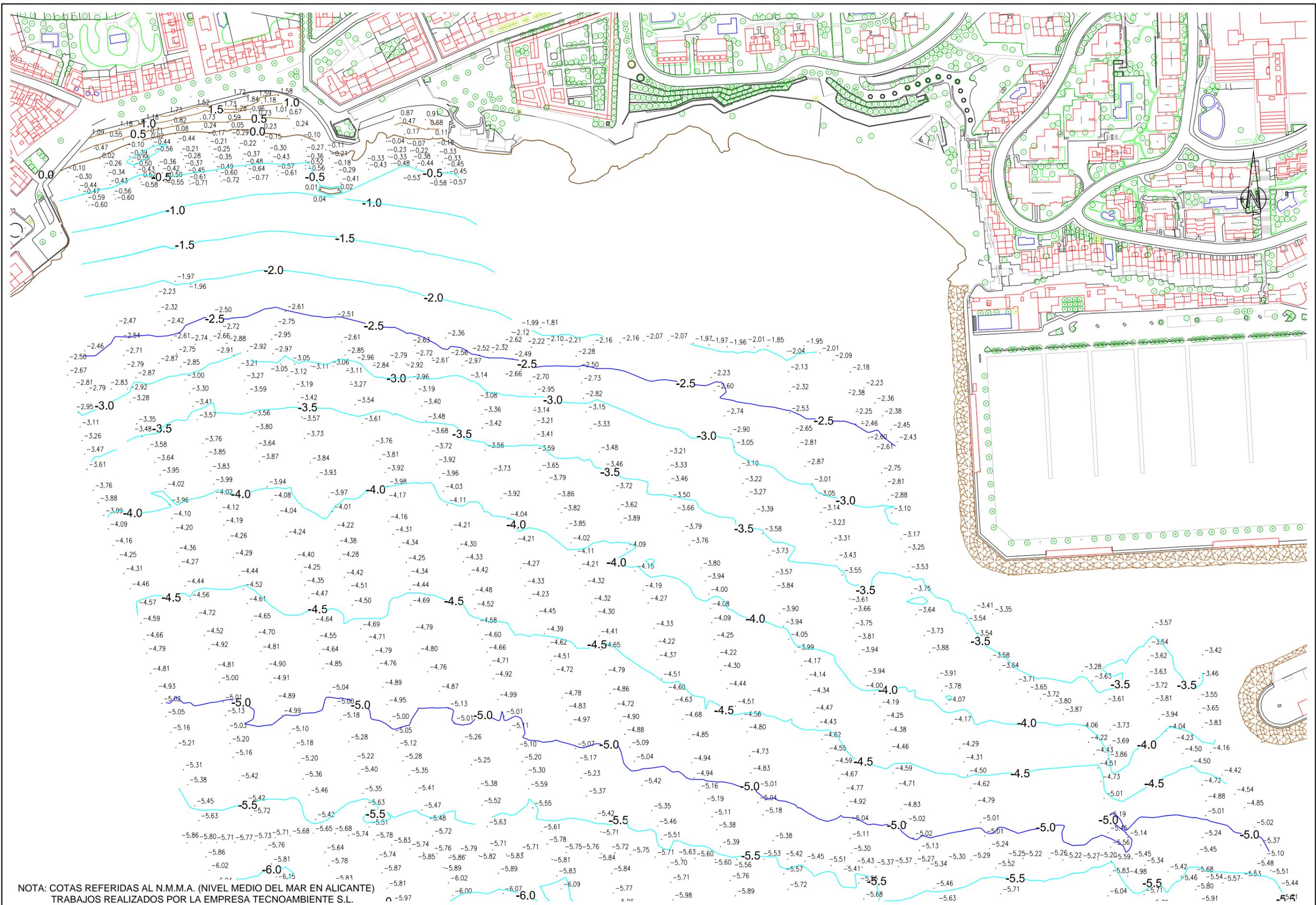
- EIA-1. Topografía y batimetría
- EIA-2. Caracterización morfológica
- EIA-3. Sedimentos
- EIA-4. Isopacas
- EIA-5. Estudio de alternativas
  - EIA-5.1. Alternativa 1. Planta general
  - EIA-5.2. Alternativa 2. Solución Base. Planta general
  - EIA-5.2. Alternativa 2. Solución Variante. Planta general
  - EIA-5.3. Alternativa 3. Planta general
  - EIA-5.4. Alternativa 4. Planta general
  - EIA-5.5. Alternativa 5. Solución Base. Planta general
  - EIA-5.5. Alternativa 5. Solución Variante. Planta general
  - EIA-5.6. Espigones. Secciones tipo
  - EIA-5.7. Aportación de arena. Secciones tipo
  - EIA-5.8. Alternativa seleccionada
- EIA-6. Planta general
- EIA-7. Espigón
  - EIA-7.1. Planta general y de ubicación de las secciones tipo
  - EIA-7.2. Secciones tipo
- EIA-8. Aportación de arena
  - EIA-8.1. Planta general y de ubicación de las secciones tipo
  - EIA-8.2. Sección tipo
- EIA-9. Hito en el arranque del espigón
- EIA-10. Demoliciones y accesos provisionales
- EIA-11. Zona de procedencia de las arenas





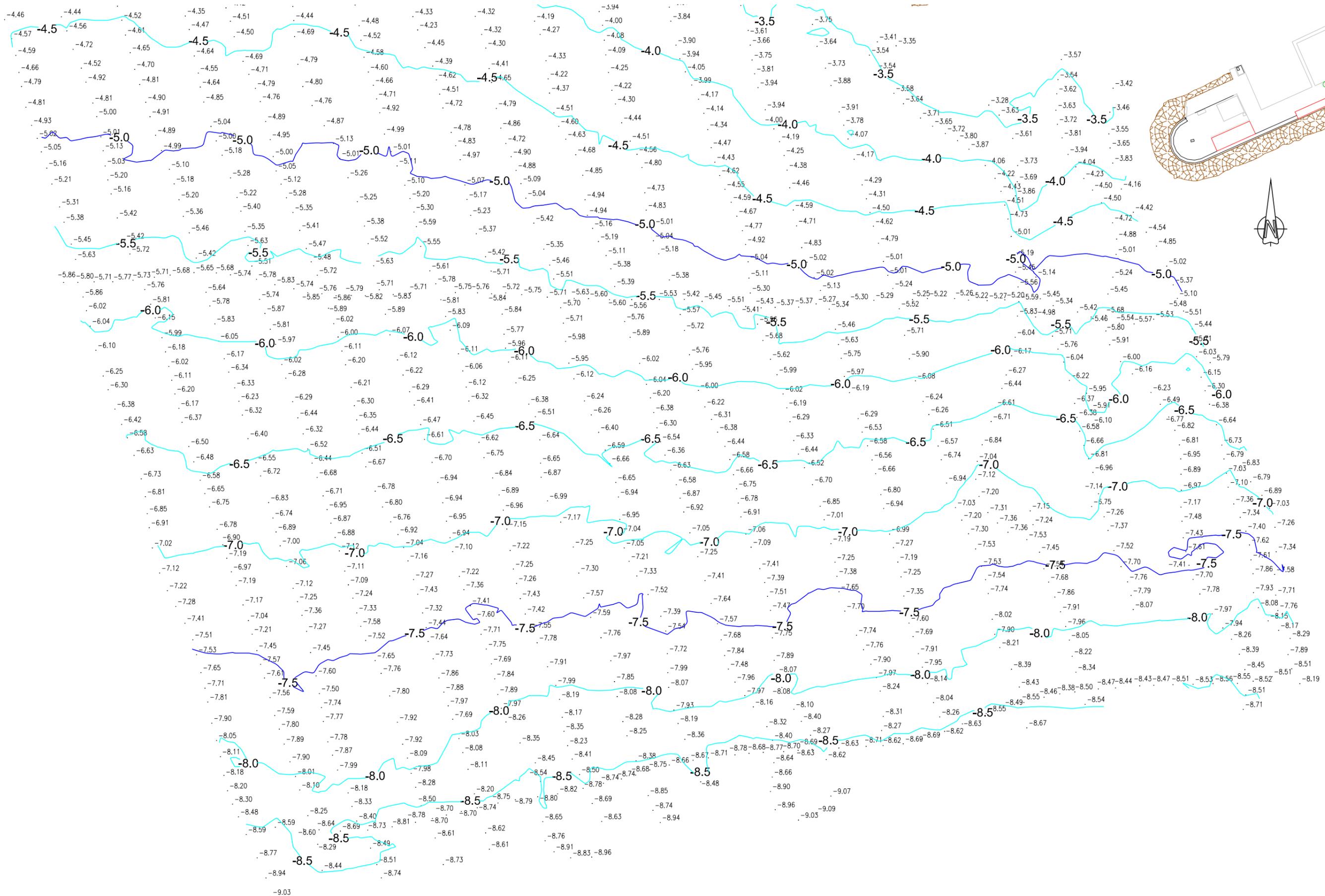
NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)  
 TRABAJOS REALIZADOS POR LA EMPRESA TECNOAMBIENTE S.L.

 <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE        SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE        Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar        Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>EMPRESA CONSULTORA</p>  <p>MARCIGLOB        Marítima &amp; Civil Global        Consultancy Solutions</p>	<p>DIRECTORA DEL PROYECTO</p> <p>ANA MARÍA CASTAÑEDA FRAILE        Jefa de Servicio de Proyectos y Obras        Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO</p>  <p>F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA        I.C.C.P. Colegiado nº 11.275</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO</p> <p>PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ        T.M. DE SITGES (BARCELONA)</p>	<p>FECHA</p> <p>NOVIEMBRE 2017</p>	<p>ESCALA: DIN A-3</p> <p>1 : 4000</p> 	<p>TÍTULO DEL PLANO</p> <p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL        TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA</p>	<p>Nº DE ANEJO</p> <p>EIA.1</p> <p>Nº HOJA</p> <p>1 DE 3</p>
---	--	---	--	---	------------------------------------	--	--	--



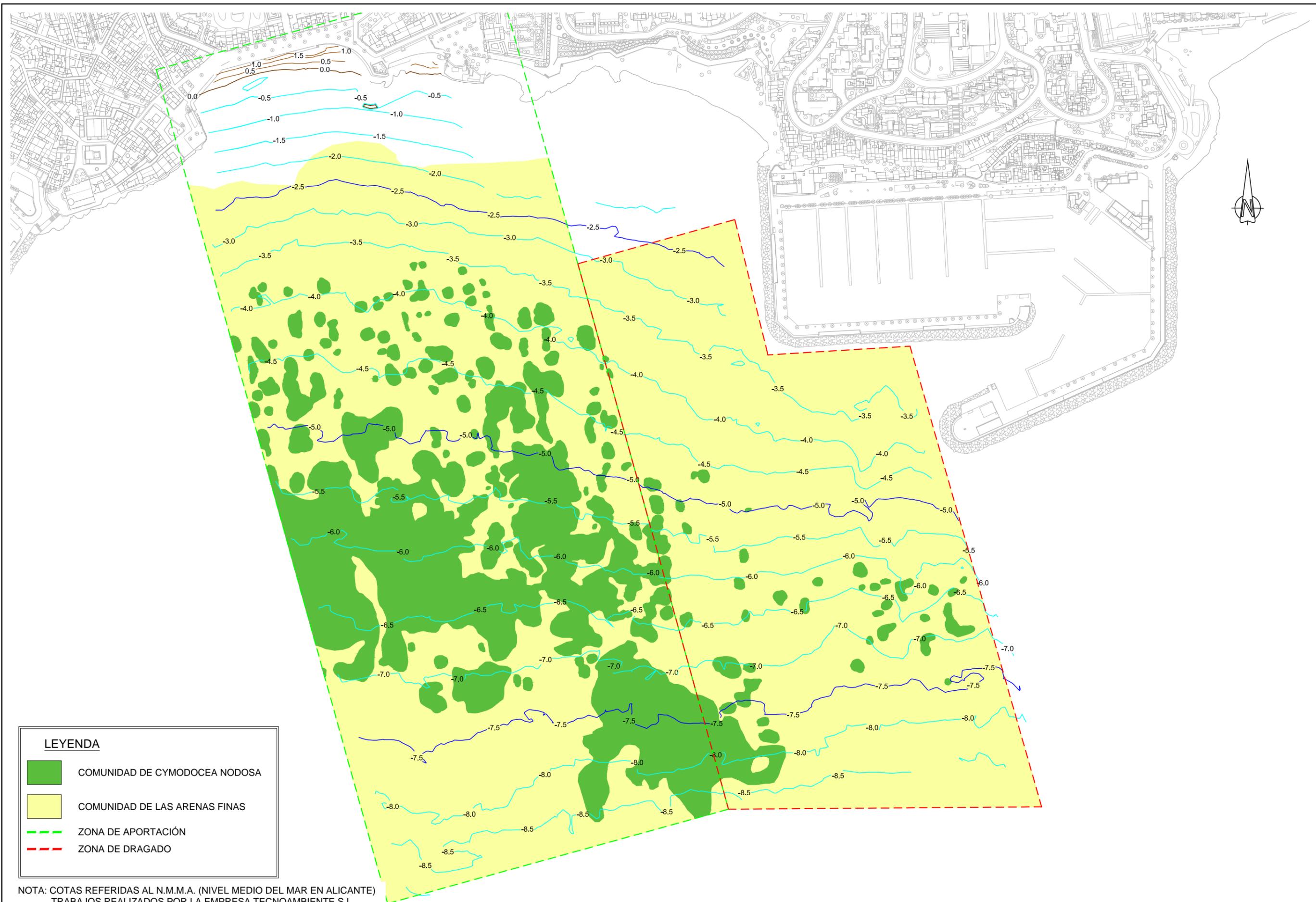
NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)  
 TRABAJOS REALIZADOS POR LA EMPRESA TECNOAMBIENTE S.L.

<p>MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE        SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE        Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar        Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>EMPRESA CONSULTORA        MARCIGLOB        Maritime &amp; Civil Global        Consultancy Solutions</p>	<p>DIRECTORA DEL PROYECTO        ANA MARÍA CASTAÑEDA FRAILE        Jefa de Servicio de Proyectos y Obras        Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO          F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA        I.C.C.P. Colegiado nº 11.275</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO        PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ T.M. DE SITGES (BARCELONA)</p>	<p>FECHA        NOVIEMBRE 2017</p>	<p>ESCALA: DIN A-3        1 : 2500  </p>	<p>TÍTULO DEL PLANO        ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL        TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA</p>	<p>Nº DE ANEJO        EIA.1        Nº HOJA        2 DE 3</p>
---	--	---	--	--	--	--	--	--



NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)  
 TRABAJOS REALIZADOS POR LA EMPRESA TECNOAMBIENTE S.L.

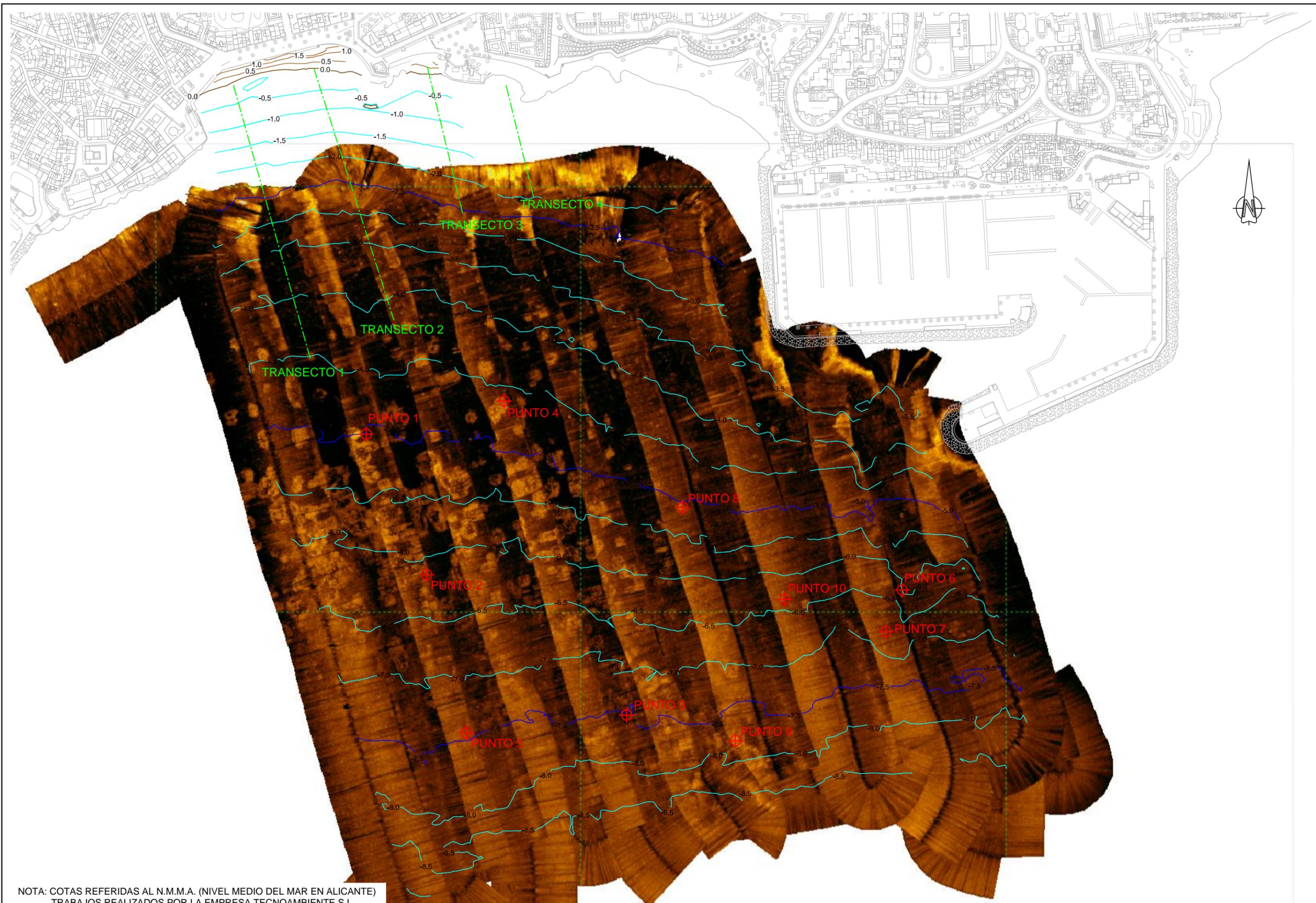
 <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE        SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE        Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar        Demarcación de Costas en Cataluña</p>	 <p>EMPRESA CONSULTORA        MARCIGLOB        Maritime &amp; Civil Global        Consultancy Solutions</p>	<p>DIRECTORA DEL PROYECTO        ANA MARÍA CASTAÑEDA FRAILE        Jefa de Servicio de Proyectos y Obras        Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO          F. JAVIER ESCARTÍN        I.C.C.P. Colegiado nº 11.275</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO        PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ T.M. DE SITGES (BARCELONA)</p>	<p>FECHA        NOVIEMBRE 2017</p>	<p>ESCALA: DIN A-3        1 : 2500  </p>	<p>TÍTULO DEL PLANO        ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL        TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA</p>	<p>Nº DE ANEJO        EIA.1        Nº HOJA        3 DE 3</p>
---	--	---	--	--	--	---	--	--



**LEYENDA**

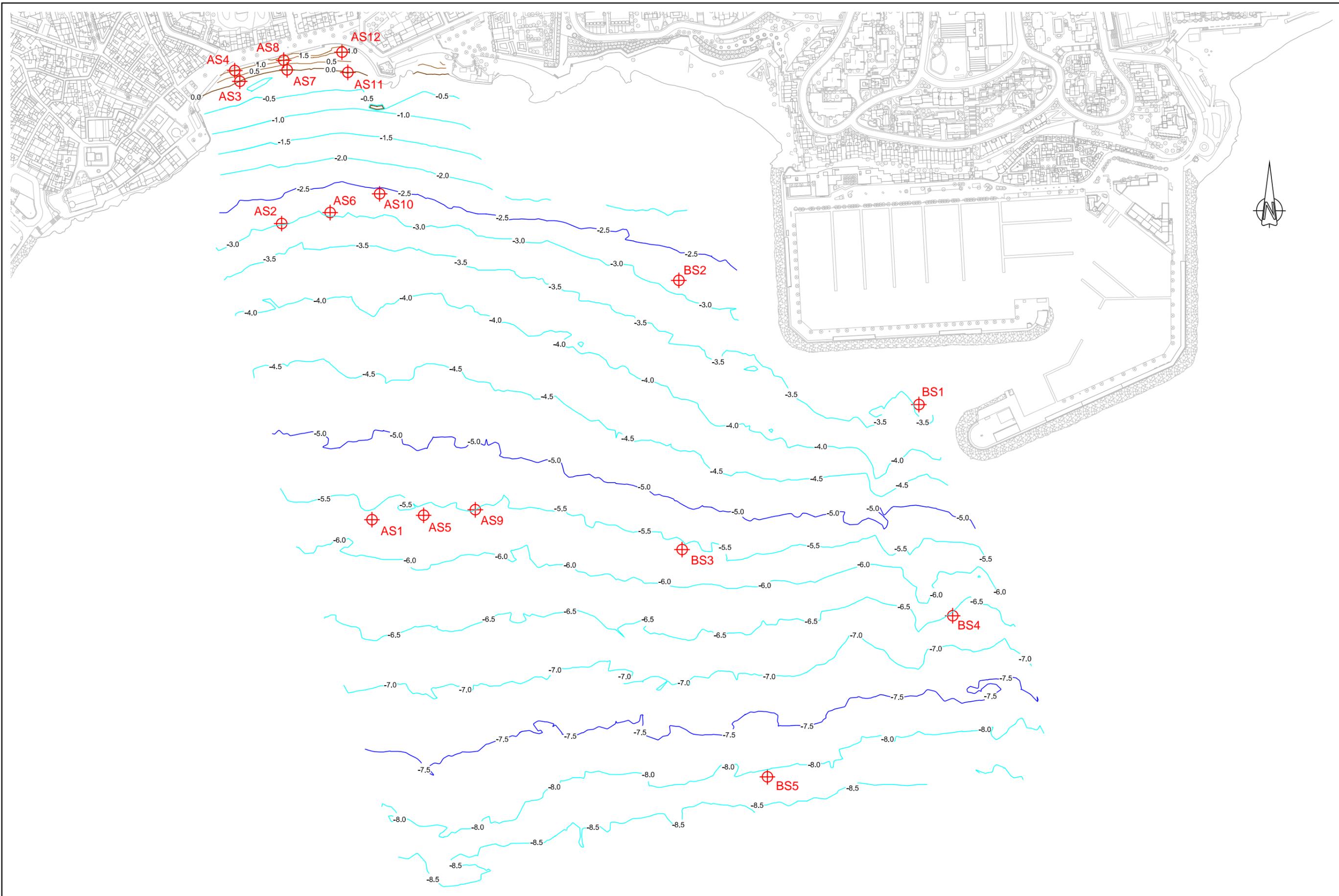
- COMUNIDAD DE CYMODOCEA NODOSA
- COMUNIDAD DE LAS ARENAS FINAS
- ZONA DE APORTACIÓN
- ZONA DE DRAGADO

NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)  
 TRABAJOS REALIZADOS POR LA EMPRESA TECNOAMBIENTE S.L.



NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)  
 TRABAJOS REALIZADOS POR LA EMPRESA TECNOAMBIENTE S.L.

 <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE        SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE        Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar        Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>EMPRESA CONSULTORA</p>  <p>MARCIGLOB        Marítima &amp; Civil Global        Consultancy Solutions</p>	<p>DIRECTORA DEL PROYECTO</p> <p>ANA MARÍA CASTAÑEDA FRAYLE        Jefa de Servicio de Proyectos y Obras        Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO</p>  <p>F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA        I.C.C.P. Colegiado nº 11.275</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO</p> <p>PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ        T.M. DE SITGES (BARCELONA)</p>	<p>FECHA</p> <p>NOVIEMBRE 2017</p>	<p>ESCALA: DIN A-3</p> <p>1 : 4000</p> 	<p>TÍTULO DEL PLANO</p> <p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL        CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LOS FONDOS        PUNTOS DE INMERSIÓN Y TRANSECTOS</p>	<p>Nº DE ANEJO</p> <p>EIA.2</p> <p>Nº HOJA</p> <p>2 DE 2</p>
---	--	---	--	---	------------------------------------	--	---	--



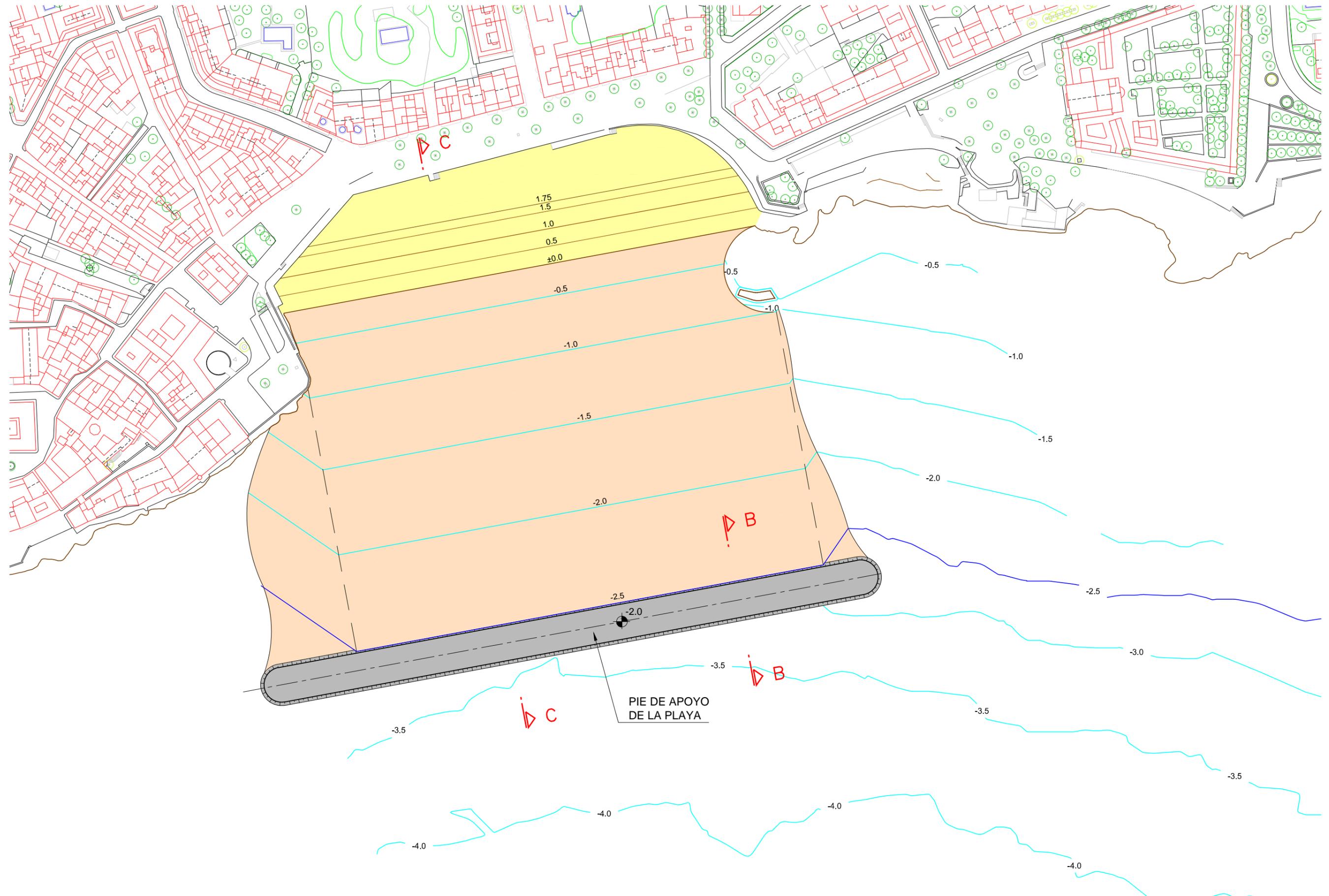
NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)  
 TRABAJOS REALIZADOS POR LA EMPRESA TECNOAMBIENTE S.L.

<p>MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE        SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE        Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar        Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>EMPRESA CONSULTORA</p> <p>MARCIGLOB        Maritime &amp; Civil Global        Consultancy Solutions</p>	<p>DIRECTORA DEL PROYECTO</p> <p>ANA MARÍA CASTAÑEDA FRAILE        Jefa de Servicio de Proyectos y Obras        Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO</p> <p>F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA        I.C.C.P. Colegiado nº 11.275</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO</p> <p>PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ        T.M. DE SITGES (BARCELONA)</p>	<p>FECHA</p> <p>NOVIEMBRE 2017</p>	<p>ESCALA: DIN A-3</p> <p>1 : 4000</p>	<p>TÍTULO DEL PLANO</p> <p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL        MUESTRA DE SEDIMENTOS</p>	<p>Nº DE ANEJO</p> <p>EIA.3</p> <p>Nº HOJA</p> <p>1 DE 1</p>
---	--	---	--	---	------------------------------------	--	--	--



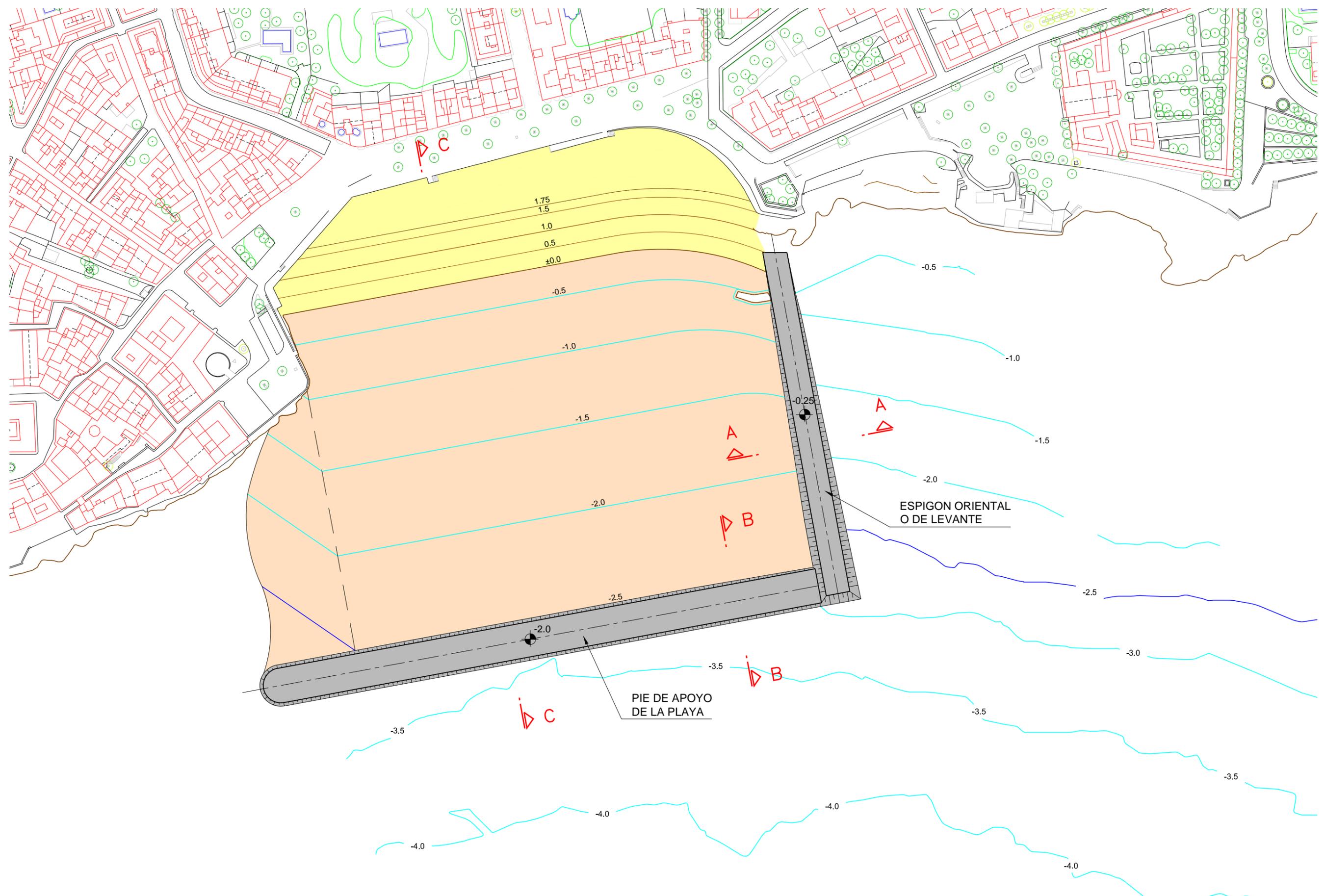
NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)  
 TRABAJOS REALIZADOS POR LA EMPRESA TECNOAMBIENTE S.L.

 <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE        SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE        Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar        Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>EMPRESA CONSULTORA</p>  <p>MARCIGLOB        Maritime &amp; Civil Global        Consultancy Solutions</p>	<p>DIRECTORA DEL PROYECTO</p> <p>ANA MARÍA CASTAÑEDA FRAILE        Jefa de Servicio de Proyectos y Obras        Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO</p>  <p>F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA        I.C.C.P. Colegiado nº 11.275</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO</p> <p>PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ        T.M. DE SITGES (BARCELONA)</p>	<p>FECHA</p> <p>NOVIEMBRE 2017</p>	<p>ESCALA: DIN A-3</p> <p>1 : 4000</p> 	<p>TÍTULO DEL PLANO</p> <p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL        PLANO DE ISOPACAS</p>	<p>Nº DE ANEJO</p> <p>EIA.4</p> <p>Nº HOJA</p> <p>1 DE 1</p>
---	--	---	--	---	------------------------------------	--	--	--



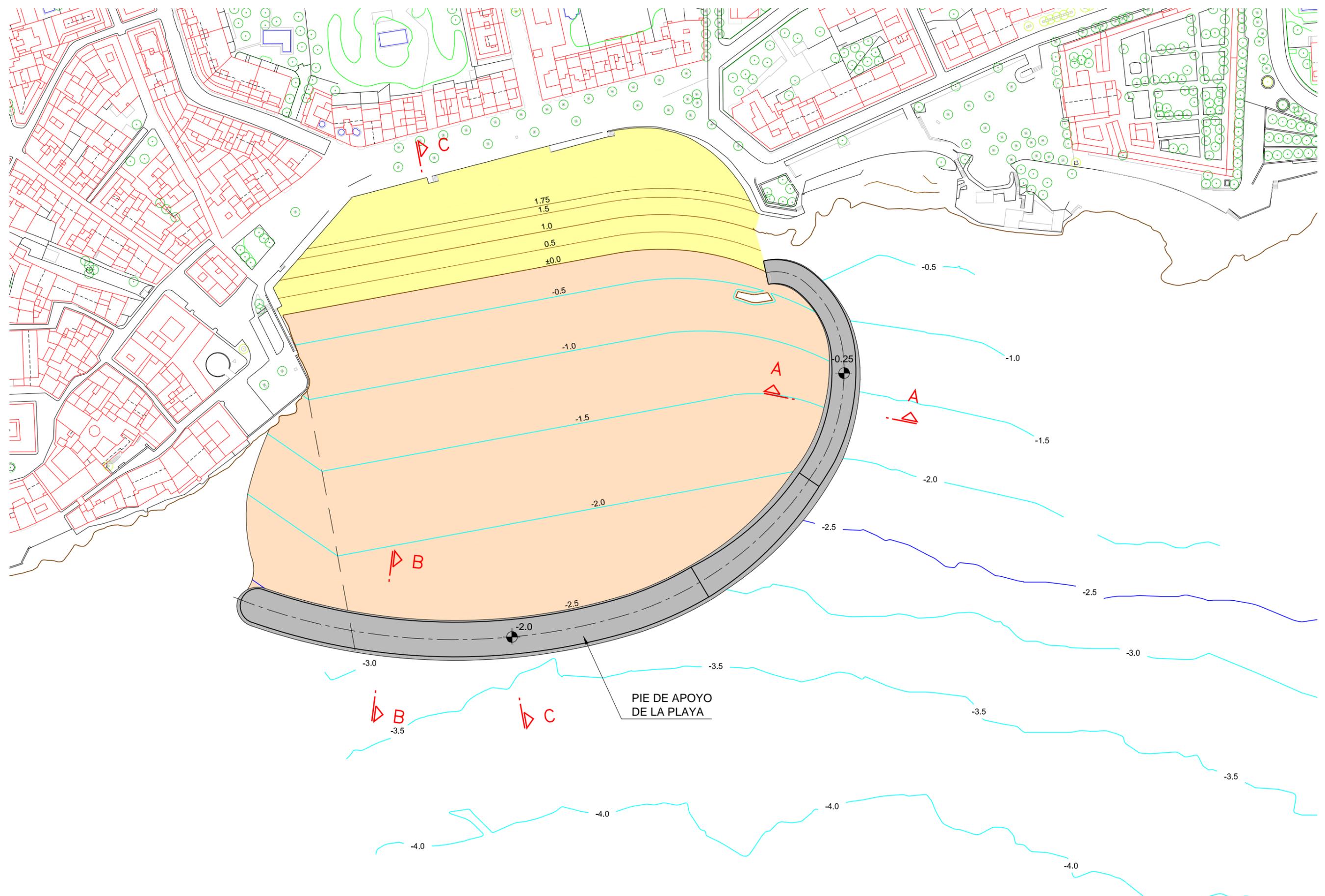
NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)

 <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>EMPRESA CONSULTORA</p>  <p>MARCIGLOB Maritime &amp; Civil Global Consultancy Solutions</p>	<p>DIRECTORA DEL PROYECTO</p> <p>ANA MARÍA CASTAÑEDA FRAILE Jefa de Servicio de Proyectos y Obras Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO</p>  <p>F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO</p> <p>PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ T.M. DE SITGES (BARCELONA)</p>	<p>FECHA</p> <p>NOVIEMBRE 2017</p>	<p>ESCALA: DIN A-3</p> <p>1 : 1500</p> 	<p>TÍTULO DEL PLANO</p> <p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 1. PLANTA GENERAL</p>	<p>Nº DE PLANO</p> <p>EIA.5.1</p> <p>Nº HOJA</p> <p>1 DE 1</p>
--	--	---	---	--	--	--	---	--



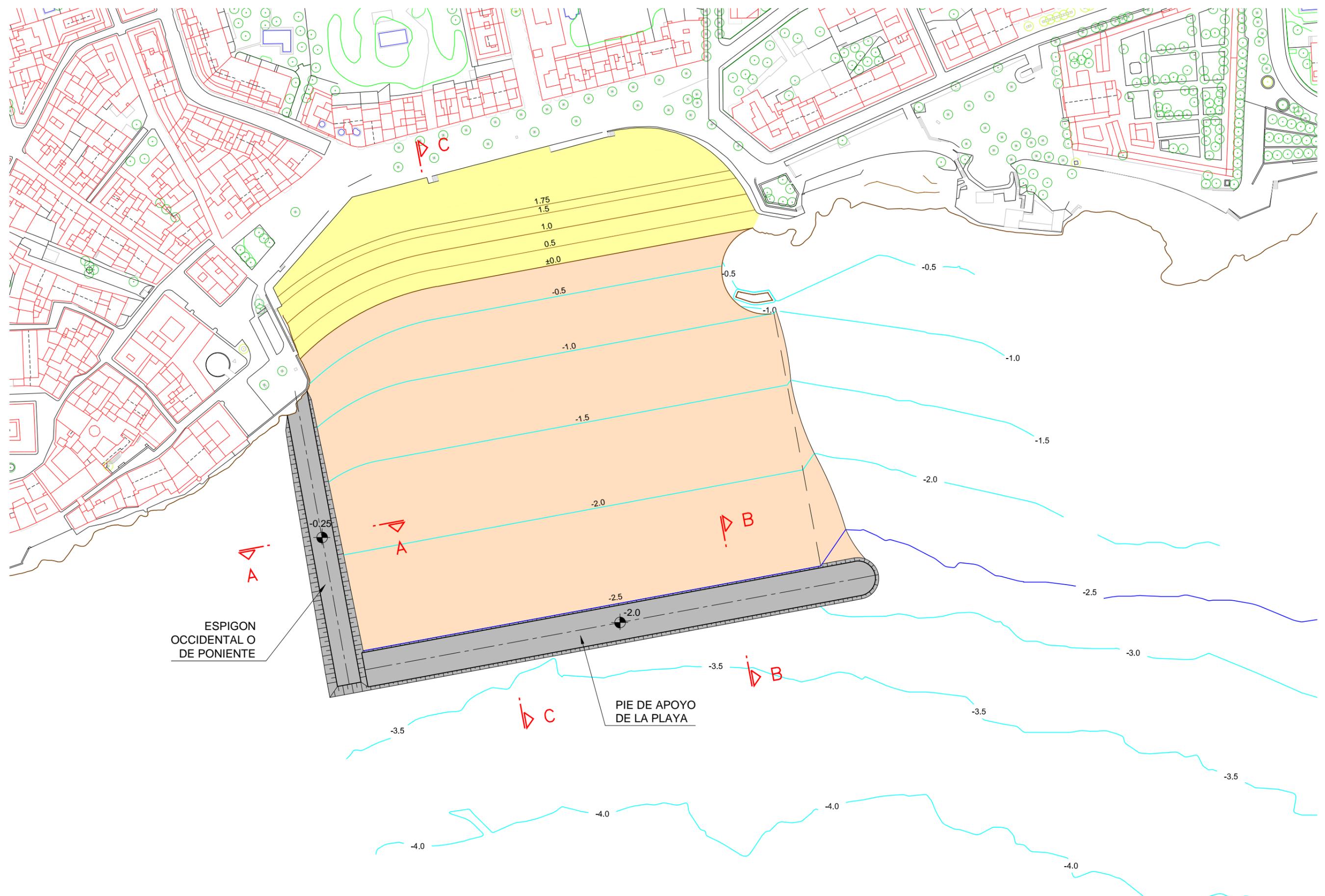
NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)

 <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>EMPRESA CONSULTORA</p>  <p>MARCI GLOB Maritime &amp; Civil Global Consultancy Solutions</p>	<p>DIRECTORA DEL PROYECTO</p> <p>ANA MARÍA CASTAÑEDA FRAILE Jefa de Servicio de Proyectos y Obras Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO</p>  <p>F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO</p> <p>PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ T.M. DE SITGES (BARCELONA)</p>	<p>FECHA</p> <p>NOVIEMBRE 2017</p>	<p>ESCALA: DIN A-3</p> <p>1 : 1500</p> 	<p>TÍTULO DEL PLANO</p> <p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 2 - SOLUCIÓN BASE. PLANTA GENERAL</p>	<p>Nº DE PLANO</p> <p>EIA.5.2</p> <p>Nº HOJA</p> <p>1 DE 2</p>
--	---	---	---	--	--	--	---	--



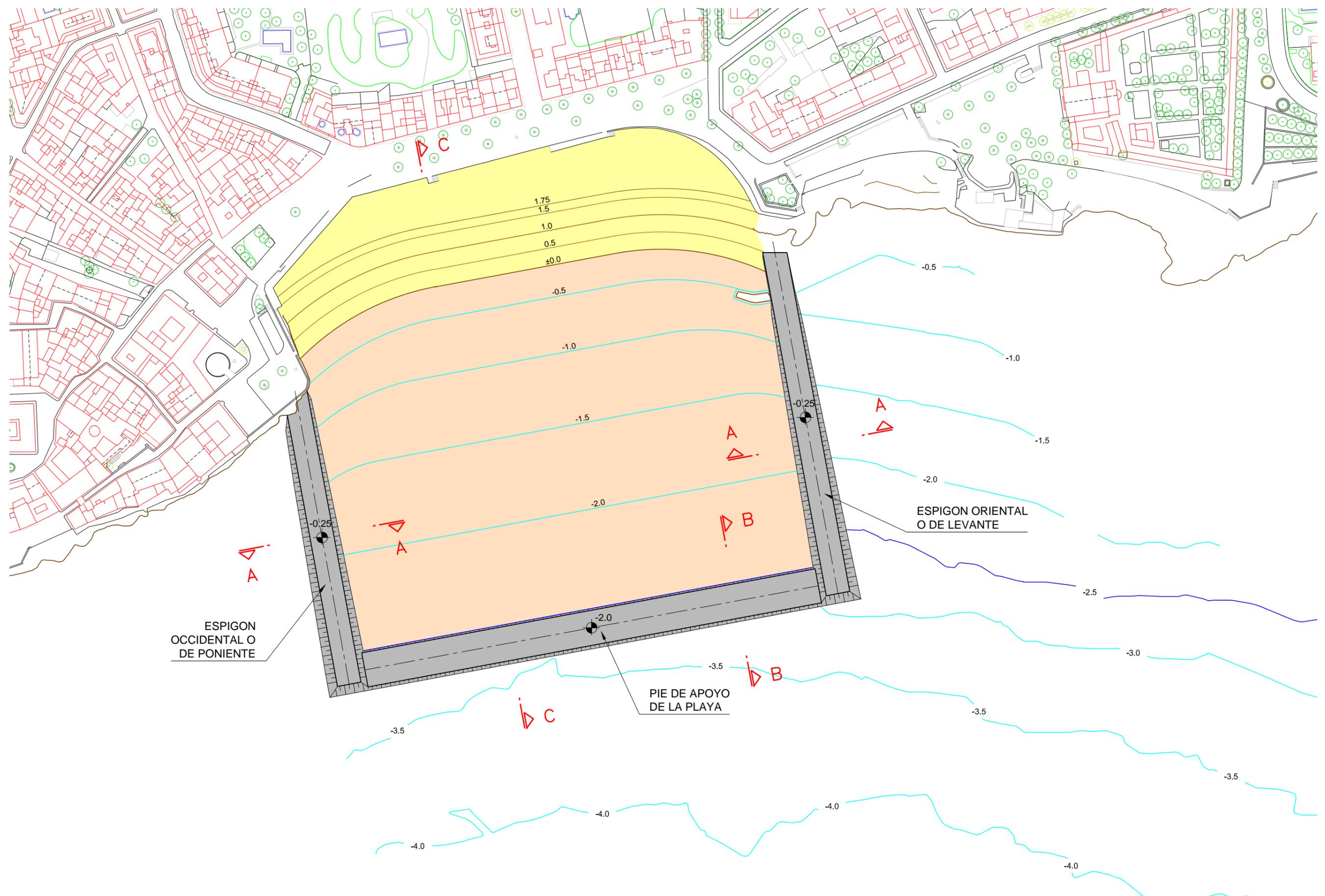
NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)

 <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>EMPRESA CONSULTORA</p>  <p>MARCIGLOB Maritime &amp; Civil Global Consultancy Solutions</p>	<p>DIRECTORA DEL PROYECTO</p> <p>ANA MARÍA CASTAÑEDA FRAILE Jefa de Servicio de Proyectos y Obras Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO</p>  <p>F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO</p> <p>PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ T.M. DE SITGES (BARCELONA)</p>	<p>FECHA</p> <p>NOVIEMBRE 2017</p>	<p>ESCALA: DIN A-3</p> <p>1 : 1500</p> 	<p>TÍTULO DEL PLANO</p> <p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 2 - VARIANTE 1. PLANTA GENERAL</p>	<p>Nº DE PLANO</p> <p>EIA.5.2</p> <p>Nº HOJA</p> <p>2 DE 2</p>
--	--	---	---	--	--	--	--	--



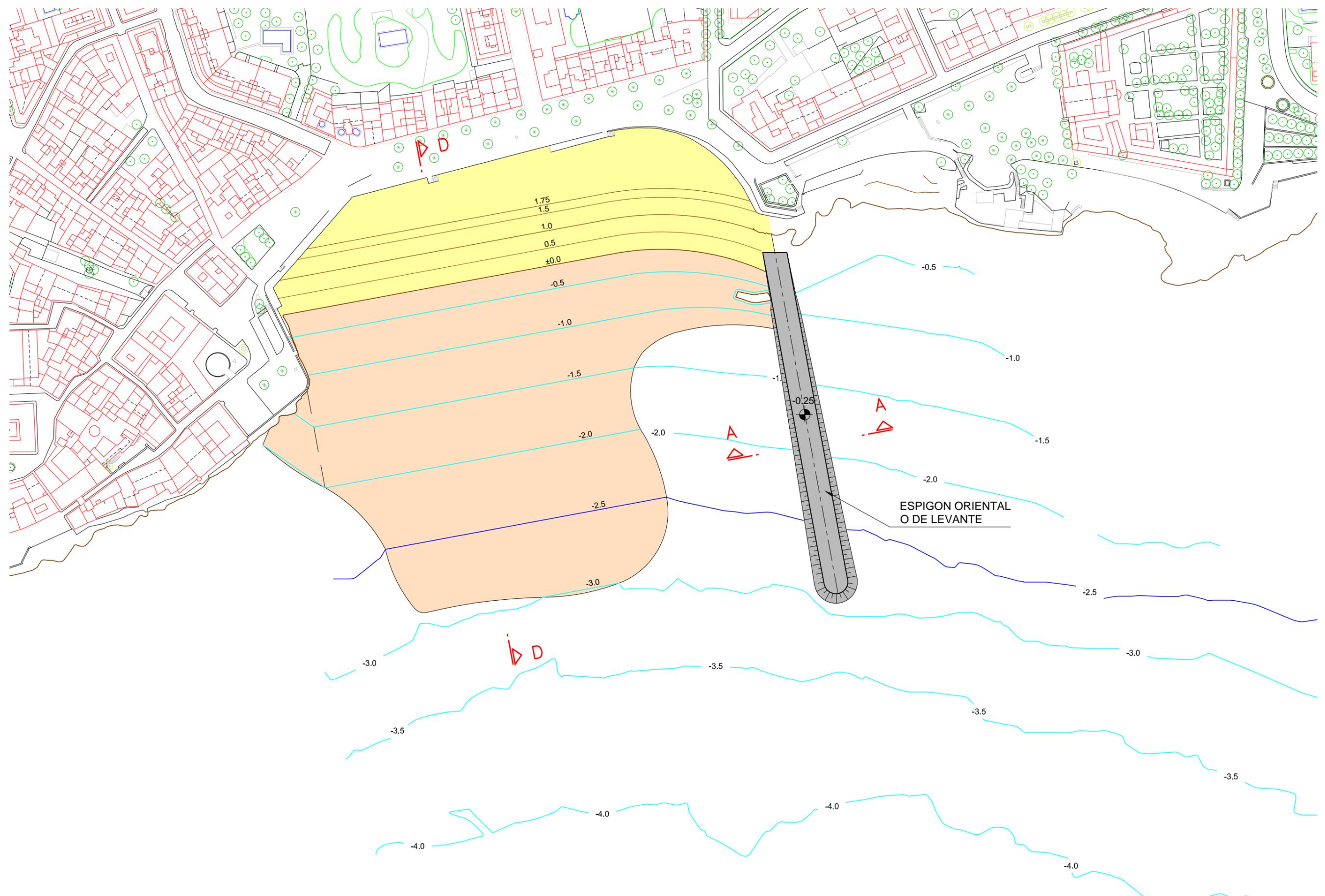
NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)

 <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>EMPRESA CONSULTORA</p>  <p>MARCIGLOB Maritime &amp; Civil Global Consultancy Solutions</p>	<p>DIRECTORA DEL PROYECTO</p> <p>ANA MARÍA CASTAÑEDA FRAILE Jefa de Servicio de Proyectos y Obras Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO</p>  <p>F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO</p> <p>PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ T.M. DE SITGES (BARCELONA)</p>	<p>FECHA</p> <p>NOVIEMBRE 2017</p>	<p>ESCALA: DIN A-3</p> <p>1 : 1500</p> 	<p>TÍTULO DEL PLANO</p> <p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 3 - PLANTA GENERAL</p>	<p>Nº DE PLANO</p> <p>EIA.5.3</p> <p>Nº HOJA</p> <p>1 DE 1</p>
--	--	---	---	--	--	--	--	--



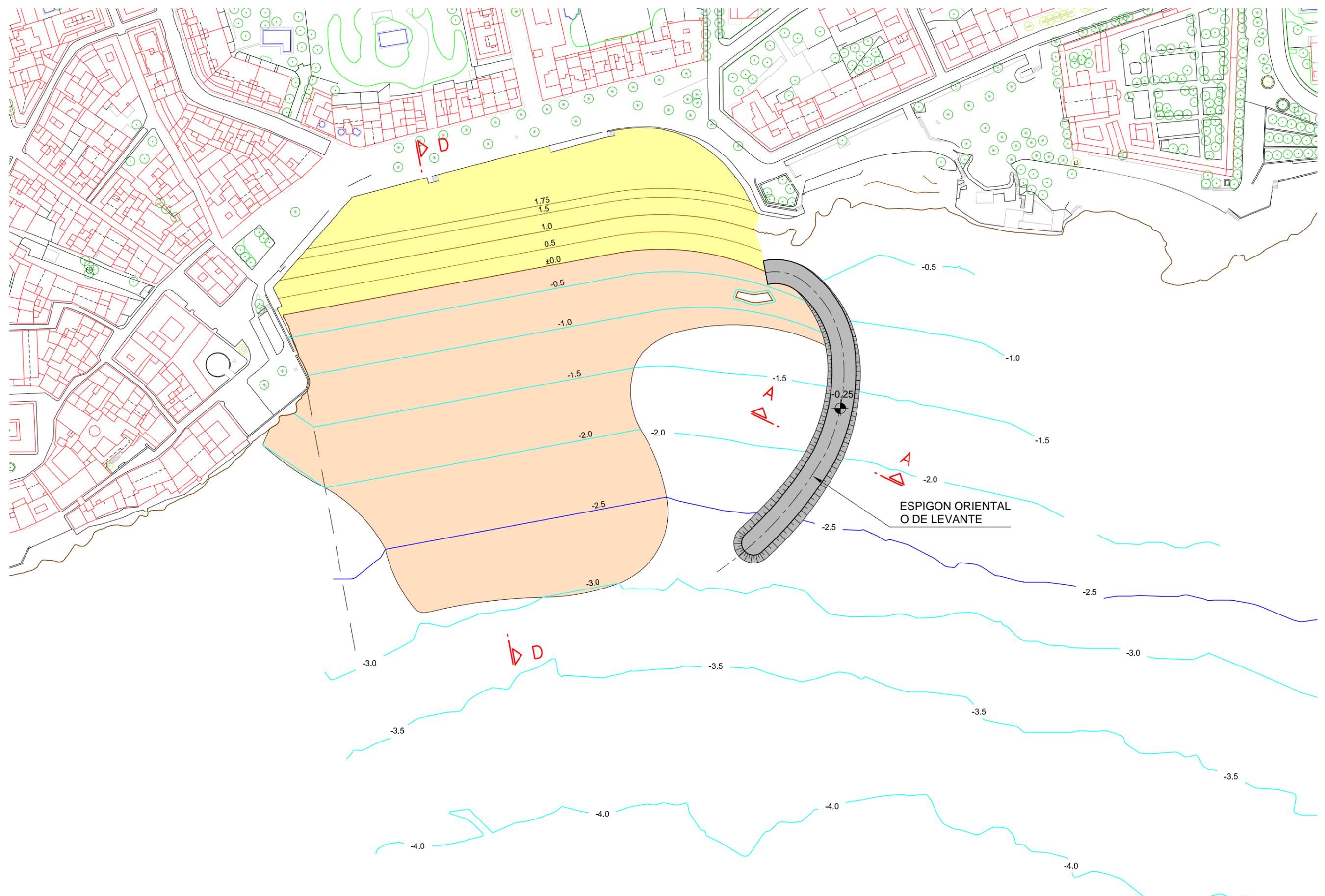
NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)

 <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>EMPRESA CONSULTORA</p>  <p>MARCIGLOB Maritime &amp; Civil Global Consultancy Solutions</p>	<p>DIRECTORA DEL PROYECTO</p> <p>ANA MARÍA CASTAÑEDA FRAILE Jefa de Servicio de Proyectos y Obras Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO</p>  <p>F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO</p> <p>PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ T.M. DE SITGES (BARCELONA)</p>	<p>FECHA</p> <p>NOVIEMBRE 2017</p>	<p>ESCALA: DIN A-3</p> <p>1 : 1500</p> 	<p>TÍTULO DEL PLANO</p> <p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 3 - PLANTA GENERAL</p>	<p>Nº DE PLANO</p> <p>EIA.5.4</p> <p>Nº HOJA</p> <p>1 DE 1</p>
--	--	---	---	--	--	--	--	--



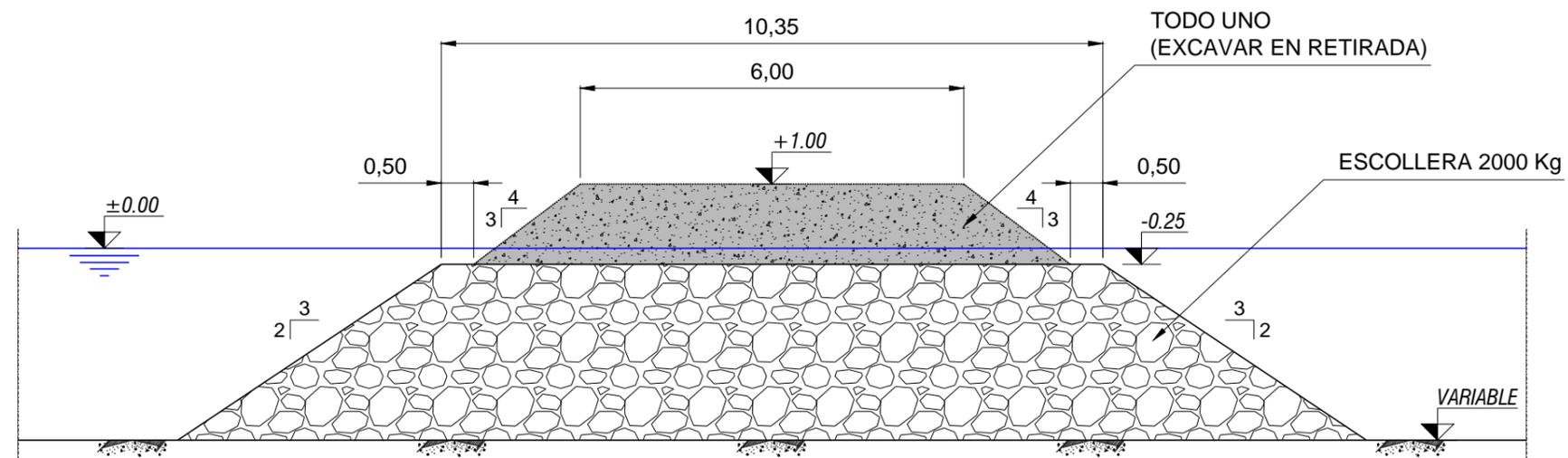
NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)

 <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>EMPRESA CONSULTORA</p>  <p>MARCIGLOB Maritime &amp; Civil Global Consultancy Solutions</p>	<p>DIRECTORA DEL PROYECTO</p> <p>ANA MARÍA CASTAÑEDA FRAILE Jefa de Servicio de Proyectos y Obras Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO</p>  <p>F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO</p> <p>PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ T.M. DE SITGES (BARCELONA)</p>	<p>FECHA</p> <p>NOVIEMBRE 2017</p>	<p>ESCALA: DIN A-3</p> <p>1 : 1500</p> 	<p>TÍTULO DEL PLANO</p> <p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 2 - SOLUCION BASE. PLANTA GENERAL</p>	<p>Nº DE PLANO</p> <p>EIA.5.5</p> <p>Nº HOJA</p> <p>1 DE 2</p>
--	--	---	---	--	--	--	---	--

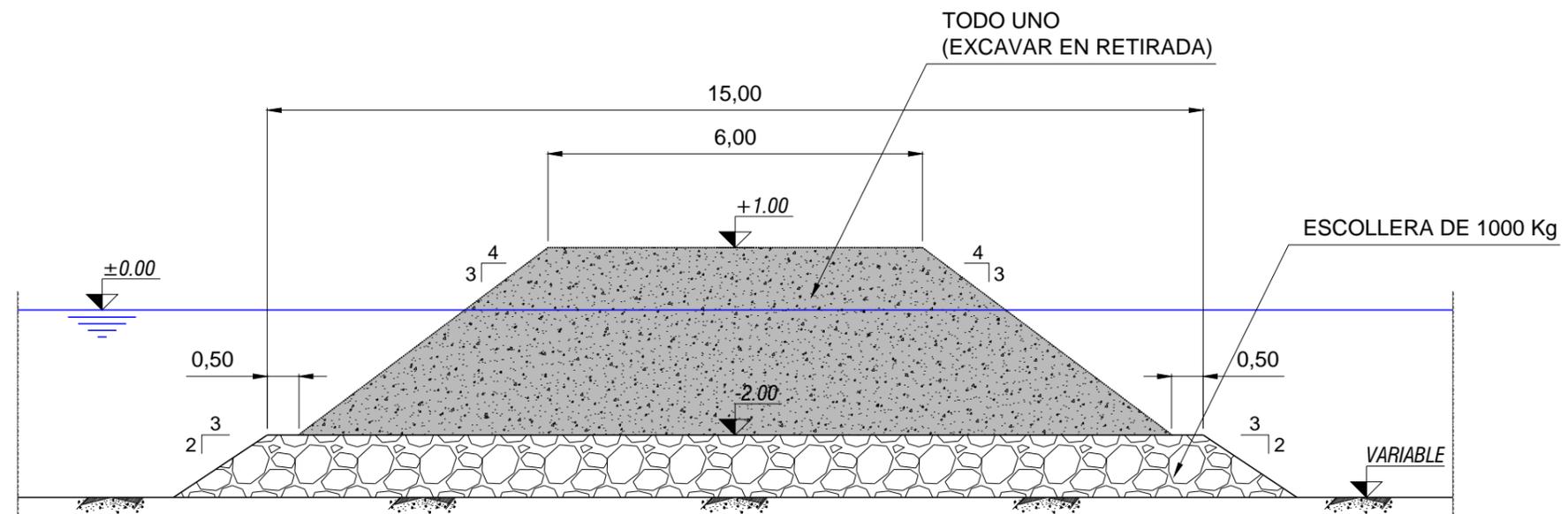


NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)

 <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>EMPRESA CONSULTORA</p>  <p>MARCI GLOB Maritime &amp; Civil Global Consultancy Solutions</p>	<p>DIRECTORA DEL PROYECTO</p> <p>ANA MARÍA CASTAÑEDA FRAILE Jefa de Servicio de Proyectos y Obras Demarcación de Costas en Cataluña</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO</p>  <p>F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO</p> <p>PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ T.M. DE SITGES (BARCELONA)</p>	<p>FECHA</p> <p>NOVIEMBRE 2017</p>	<p>ESCALA: DIN A-3</p> <p>1 : 1500</p> 	<p>TÍTULO DEL PLANO</p> <p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 2 - VARIANTE 1. PLANTA GENERAL</p>	<p>Nº DE PLANO</p> <p>EIA.5.5</p> <p>Nº HOJA</p> <p>2 DE 2</p>
--	---	---	---	--	--	--	--	--

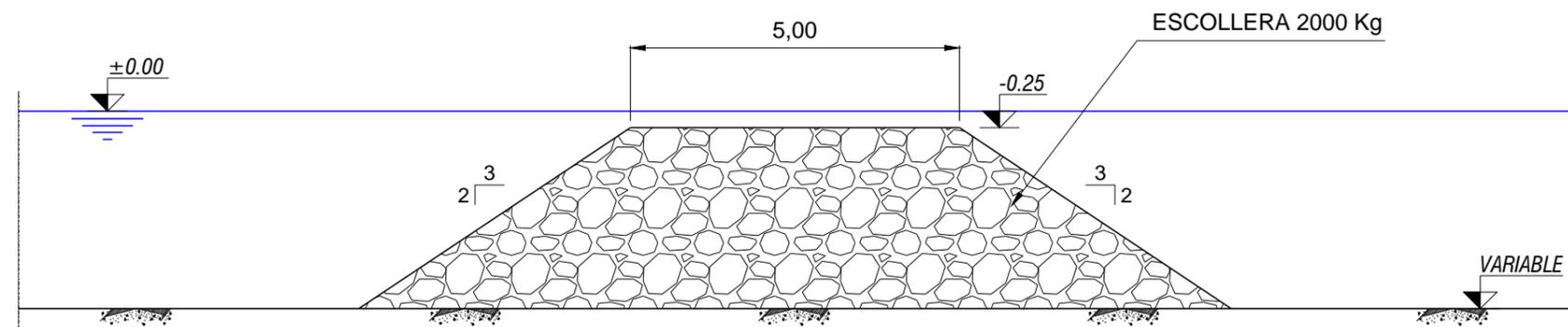


SECCION A-A'. EJECUCIÓN POR MEDIOS TERRESTRES  
ESCALA 1:100

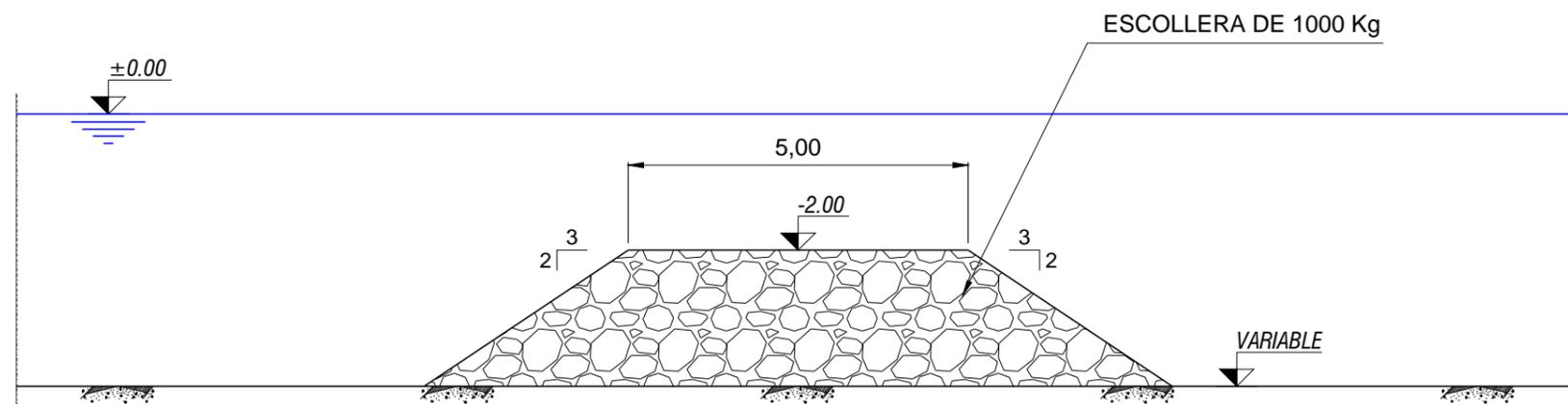


SECCION B-B'. EJECUCIÓN POR MEDIOS TERRESTRES  
ESCALA 1:100

NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)



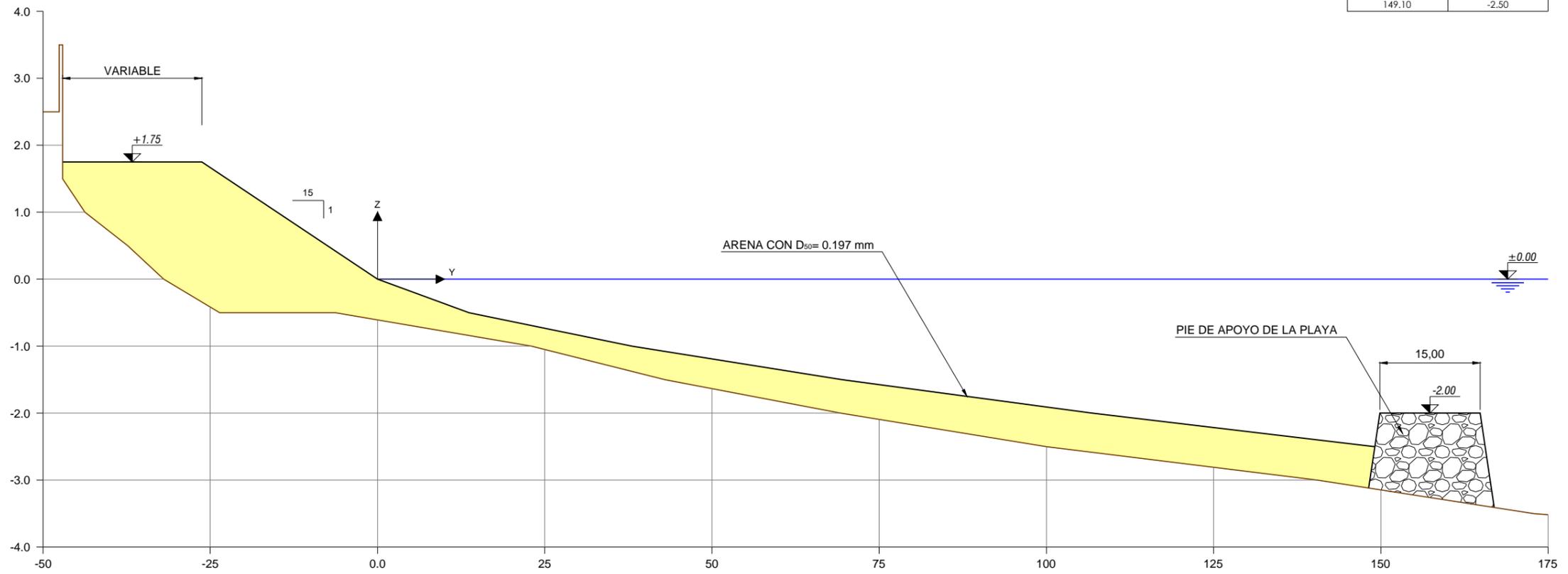
SECCION A-A'. EJECUCIÓN POR MEDIOS MARÍTIMOS  
ESCALA 1:100



SECCION B-B'. EJECUCIÓN POR MEDIOS MARÍTIMOS  
ESCALA 1:100

NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)

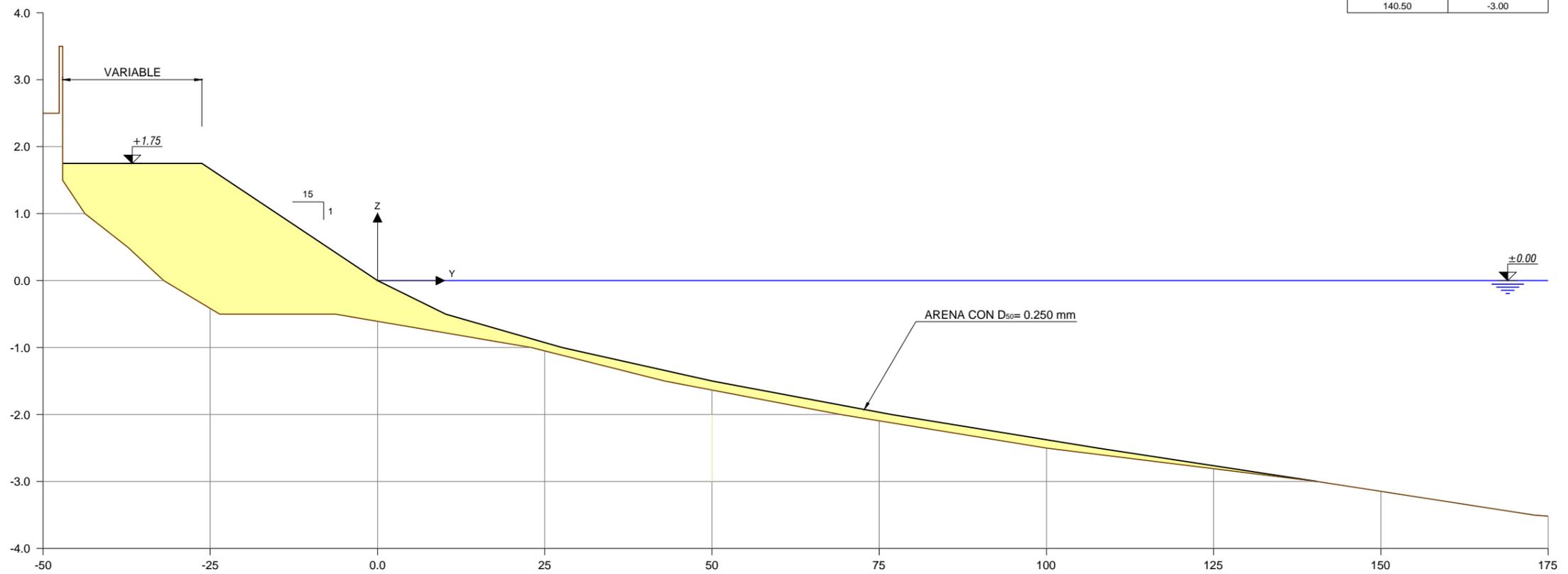
COORDENADAS DEL PERFIL DE LAPLAYA	
Y	Z
-26.25	1.75
-22.50	1.50
-15.00	1.00
-7.50	0.50
0.00	0.00
13.70	-0.50
38.00	-1.00
69.50	-1.50
106.80	-2.00
149.10	-2.50



SECCION TIPO C-C'  
 ESCALA: HORIZONTAL 1:750  
 VERTICAL 1:75

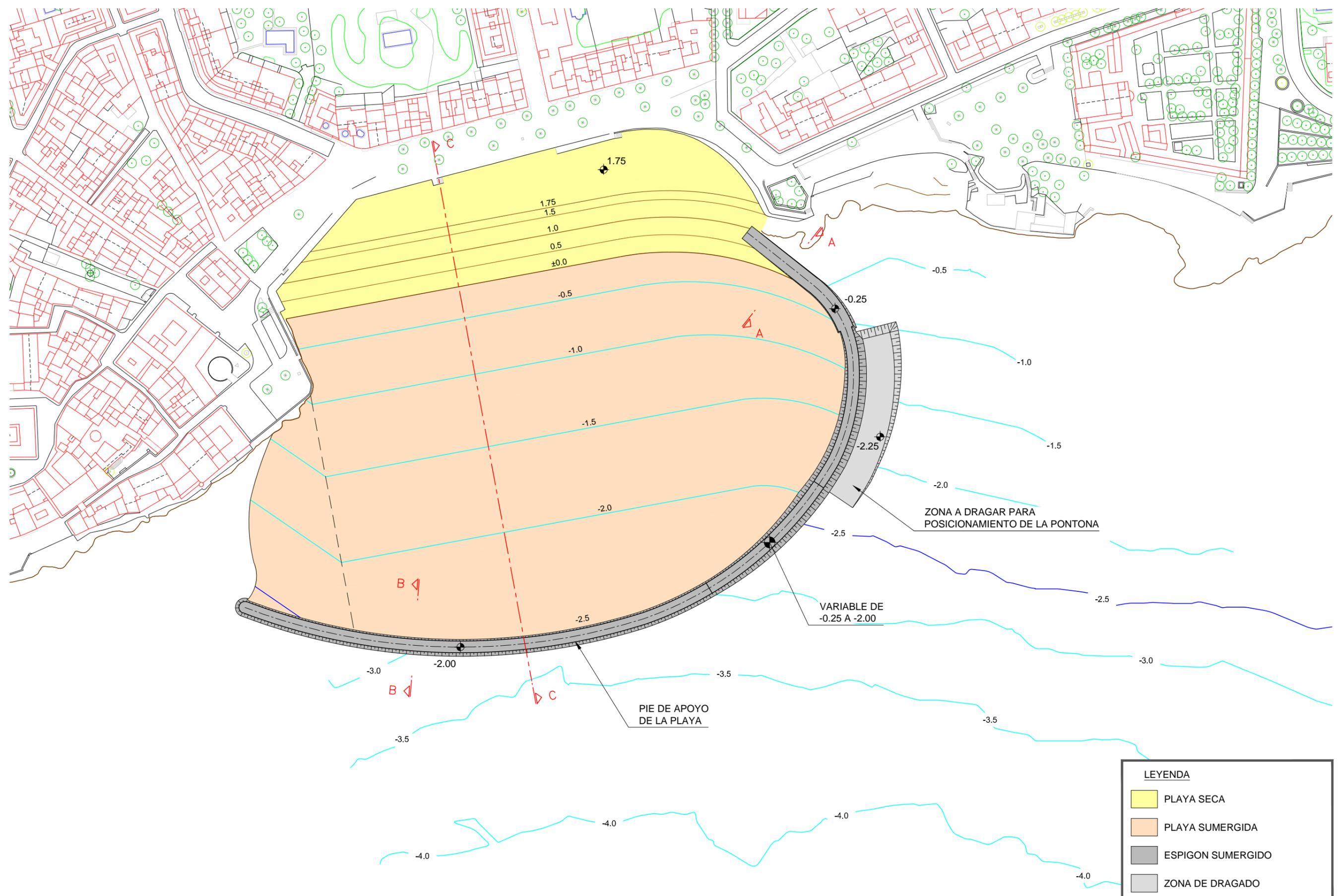
NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)

COORDENADAS DEL PERFIL DE LAPLAYA	
Y	Z
-26.25	1.75
-22.50	1.50
-15.00	1.00
-7.50	0.50
0.00	0.00
10.20	-0.50
27.60	-1.00
50.10	-1.50
76.80	-2.00
107.70	-2.50
140.50	-3.00



SECCION TIPO D-D'  
 ESCALA: HORIZONTAL 1:750  
 VERTICAL 1:75

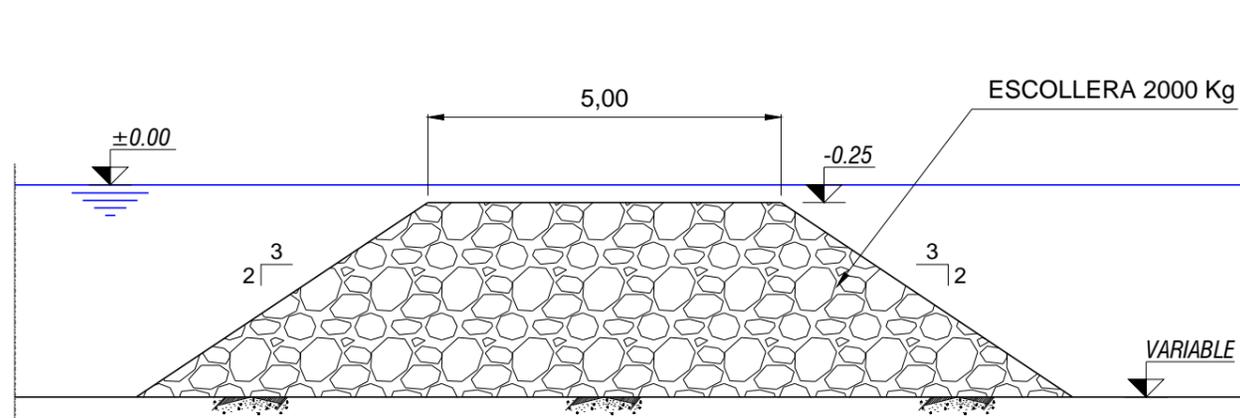
NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)



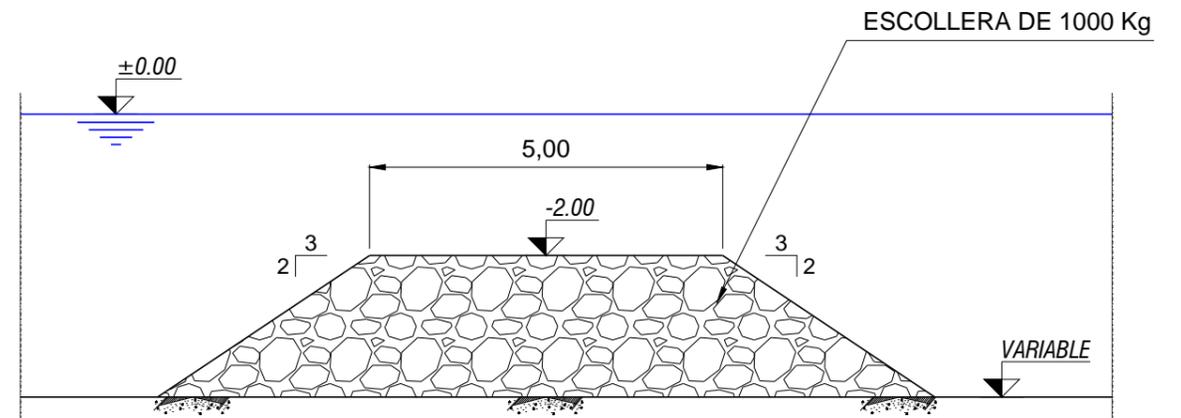
LEYENDA	
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span>	PLAYA SECA
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span>	PLAYA SUMERGIDA
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:grey; border:1px solid black;"></span>	ESPIGON SUMERGIDO
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightgrey; border:1px solid black;"></span>	ZONA DE DRAGADO

NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)

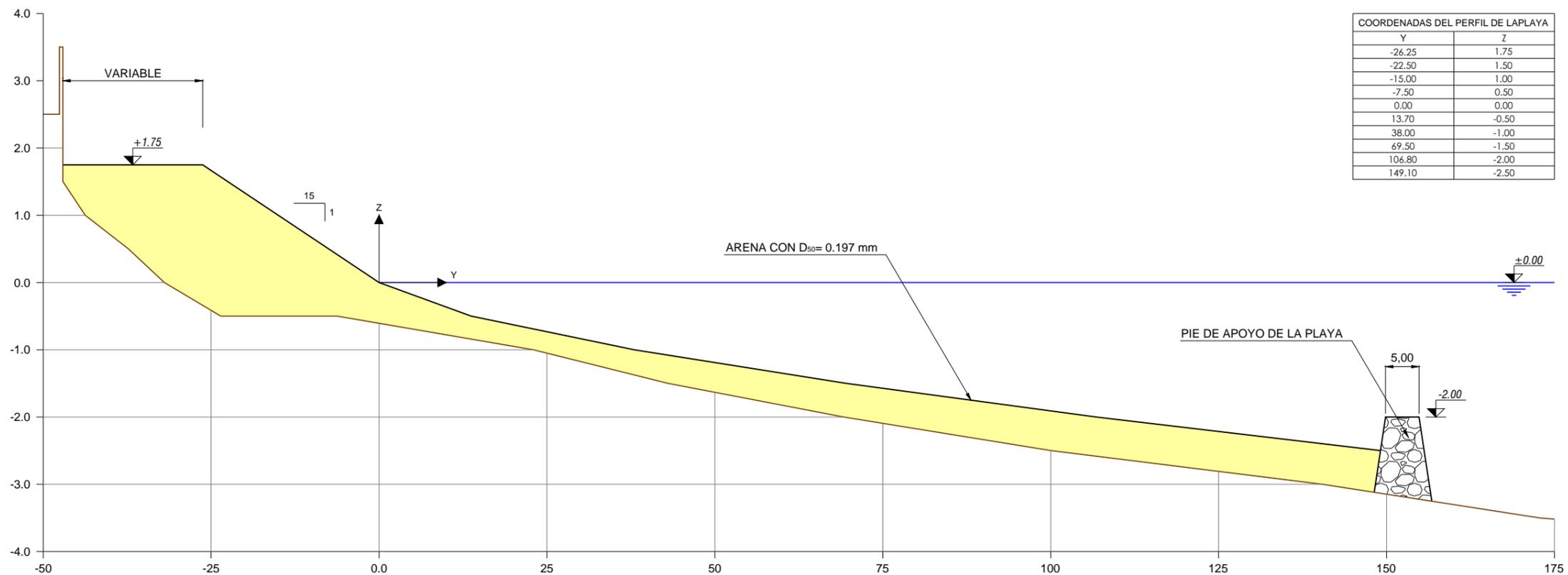
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar Demarcación de Costas en Cataluña	EMPRESA CONSULTORA  MARCIGLOB Maritime & Civil Global Consultancy Solutions	DIRECTORA DEL PROYECTO ANA MARÍA CASTAÑEDA FRAILE Jefa de Servicio de Proyectos y Obras Demarcación de Costas en Cataluña	AUTOR DEL PROYECTO  F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ T.M. DE SITGES (BARCELONA)	FECHA NOVIEMBRE 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1500 	TÍTULO DEL PLANO ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA SELECCIONADA. PLANTA GENERAL	Nº DE PLANO <b>EIA.5.8</b>
								Nº HOJA 1 DE 2



SECCION A-A'. EJECUCIÓN POR MEDIOS MARÍTIMOS  
ESCALA 1:100

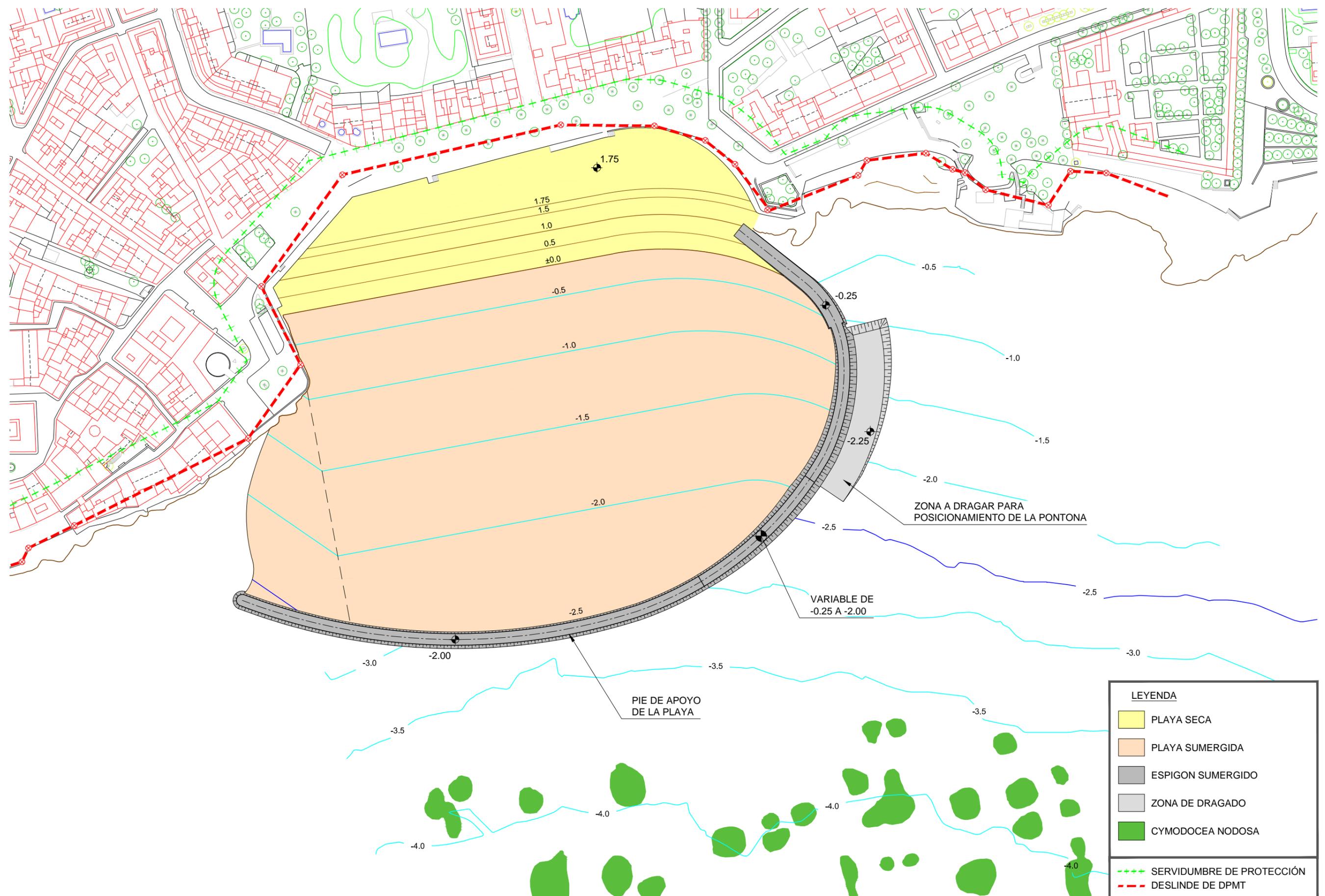


SECCION B-B'. EJECUCIÓN POR MEDIOS MARÍTIMOS  
ESCALA 1:100



SECCION TIPO C-C'  
ESCALA: HORIZONTAL 1:750  
VERTICAL 1:75

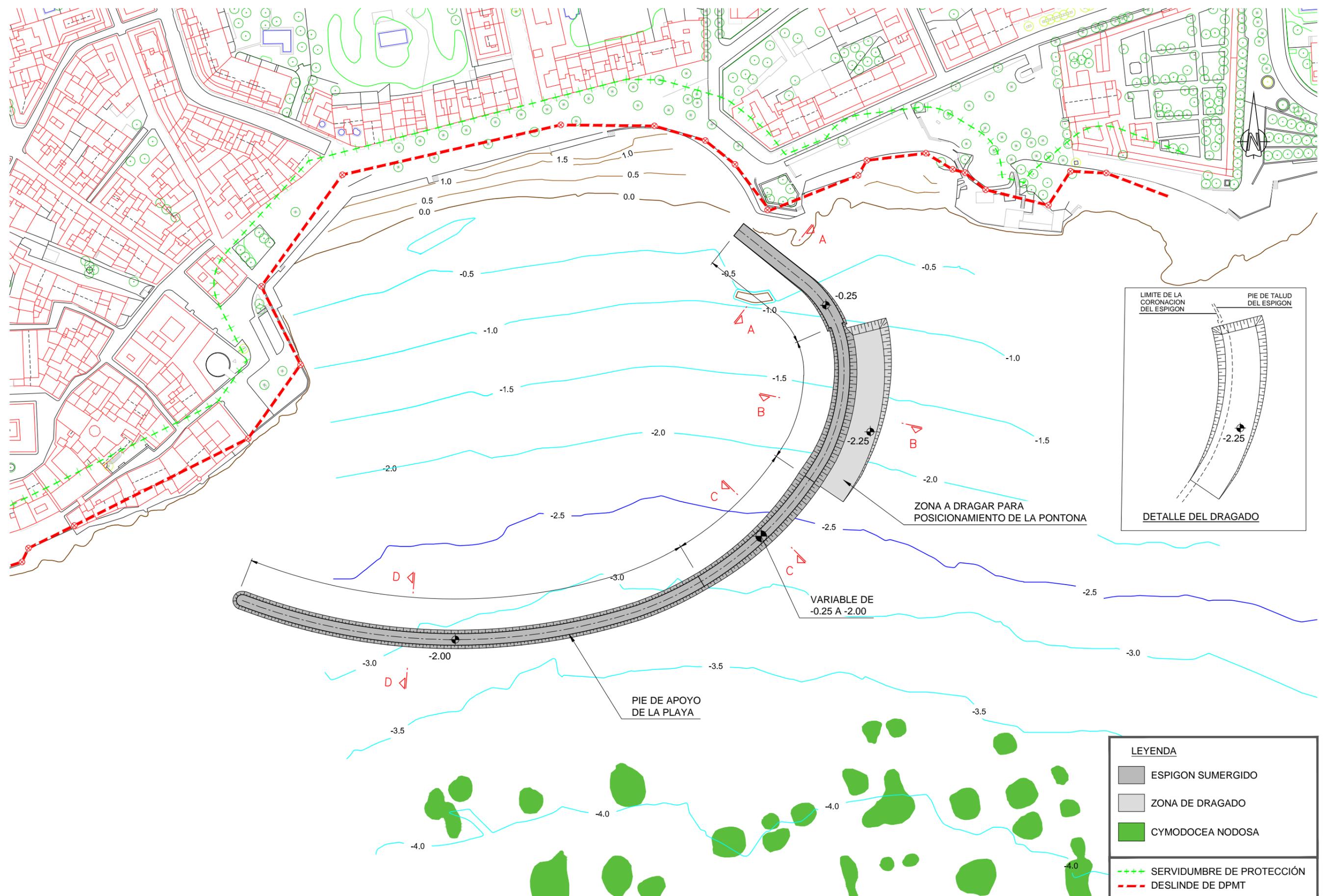
NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)



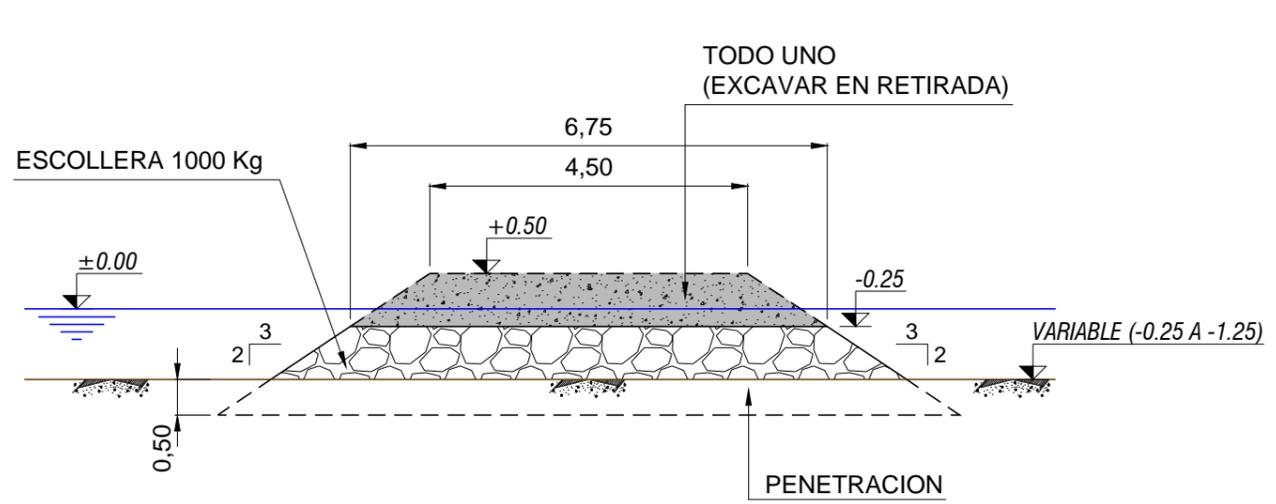
**LEYENDA**

- PLAYA SECA
- PLAYA SUMERGIDA
- ESPIGON SUMERGIDO
- ZONA DE DRAGADO
- CYMODOCEA NODOSA
- SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
- DESLINDE DE DPMT

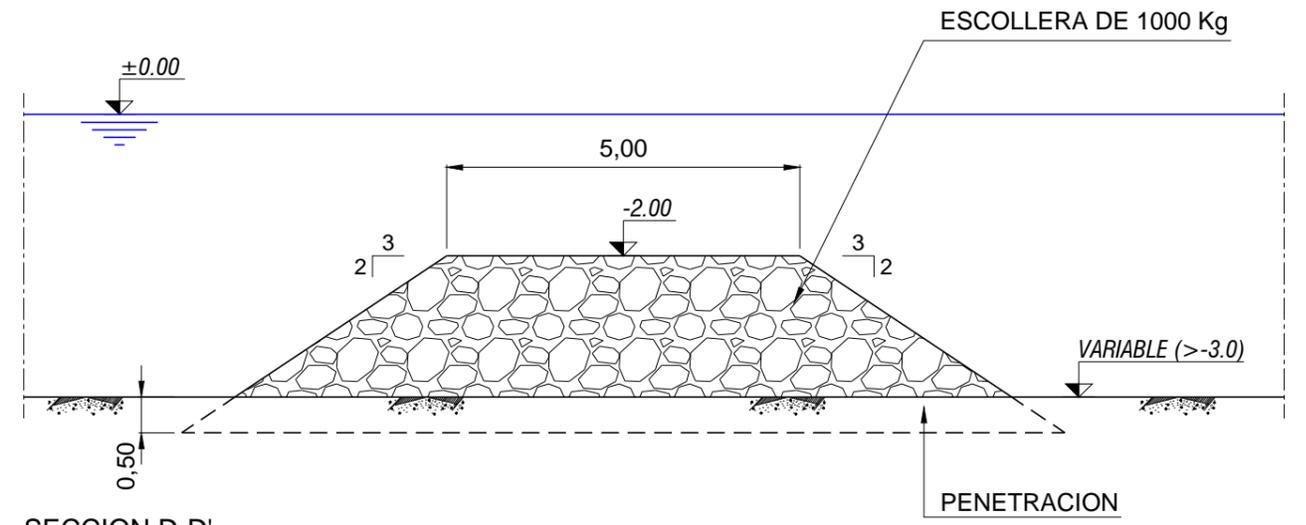
NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)



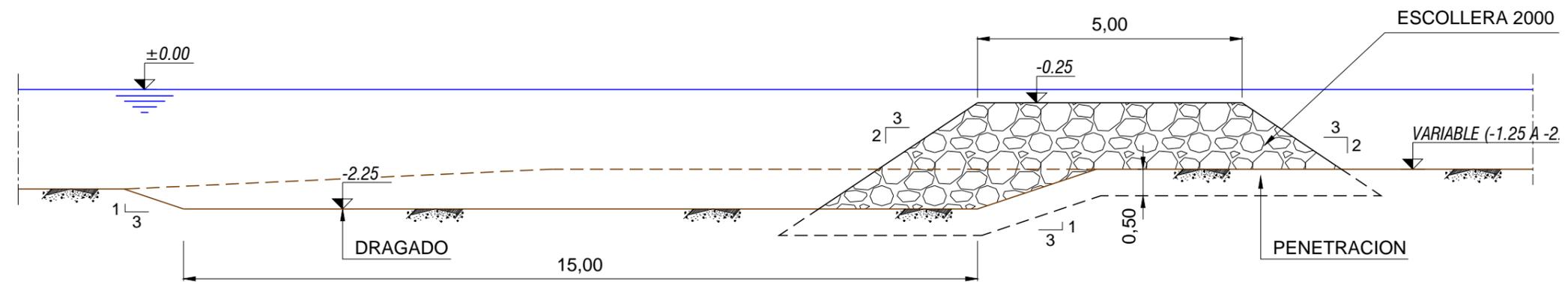
NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)



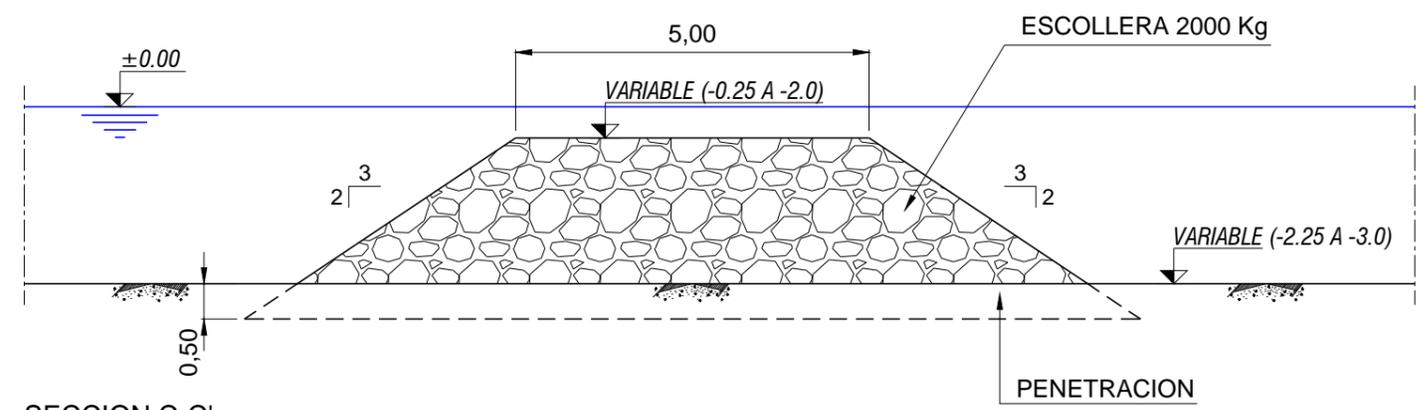
SECCION A-A'.  
EJECUCIÓN POR MEDIOS TERRESTRES  
ESCALA 1:100



SECCION D-D'.  
EJECUCIÓN POR MEDIOS MARITIMOS  
ESCALA 1:100

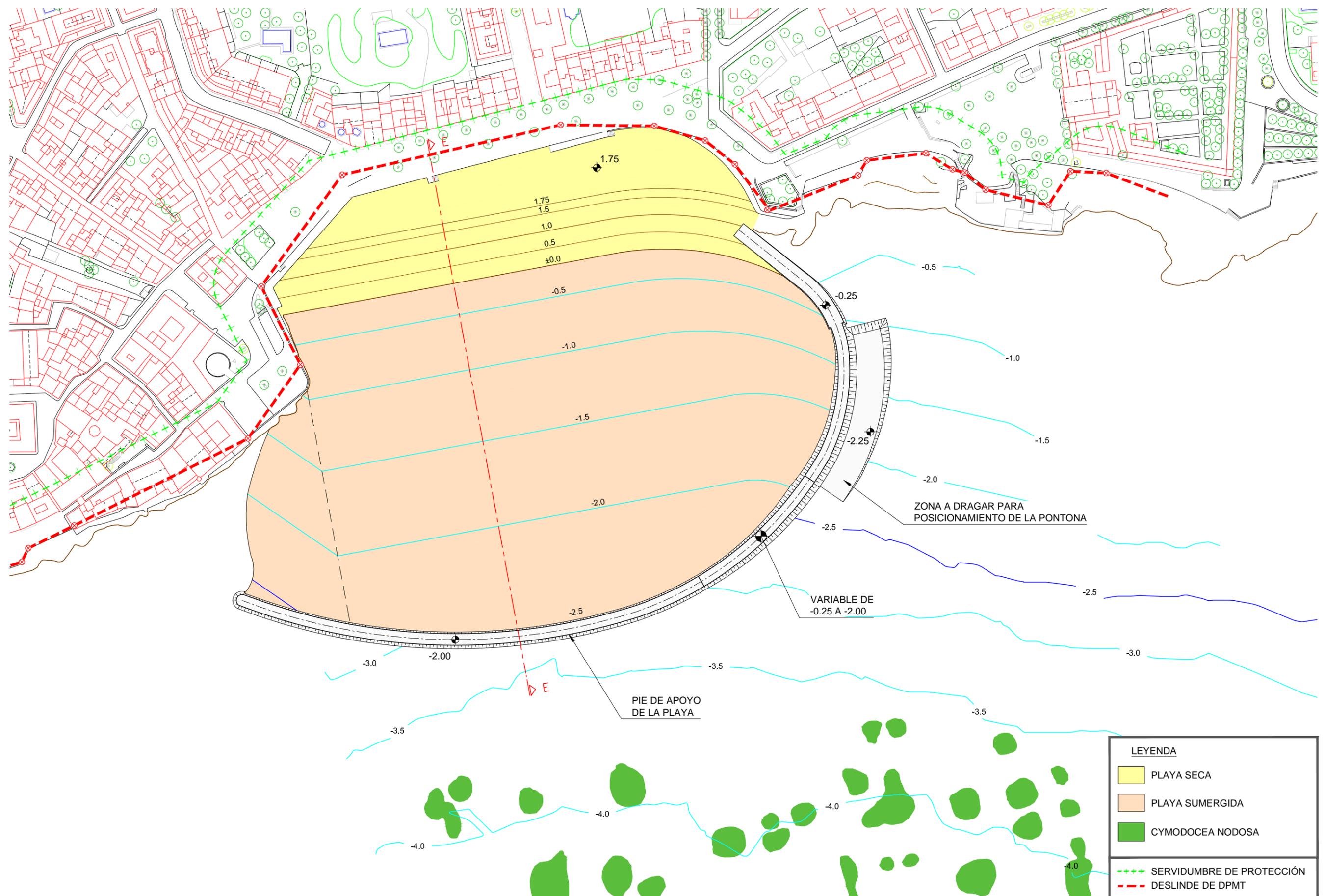


SECCION B-B'.  
EJECUCIÓN POR MEDIOS MARITIMOS  
ESCALA 1:100



SECCION C-C'.  
EJECUCIÓN POR MEDIOS MARITIMOS  
ESCALA 1:100

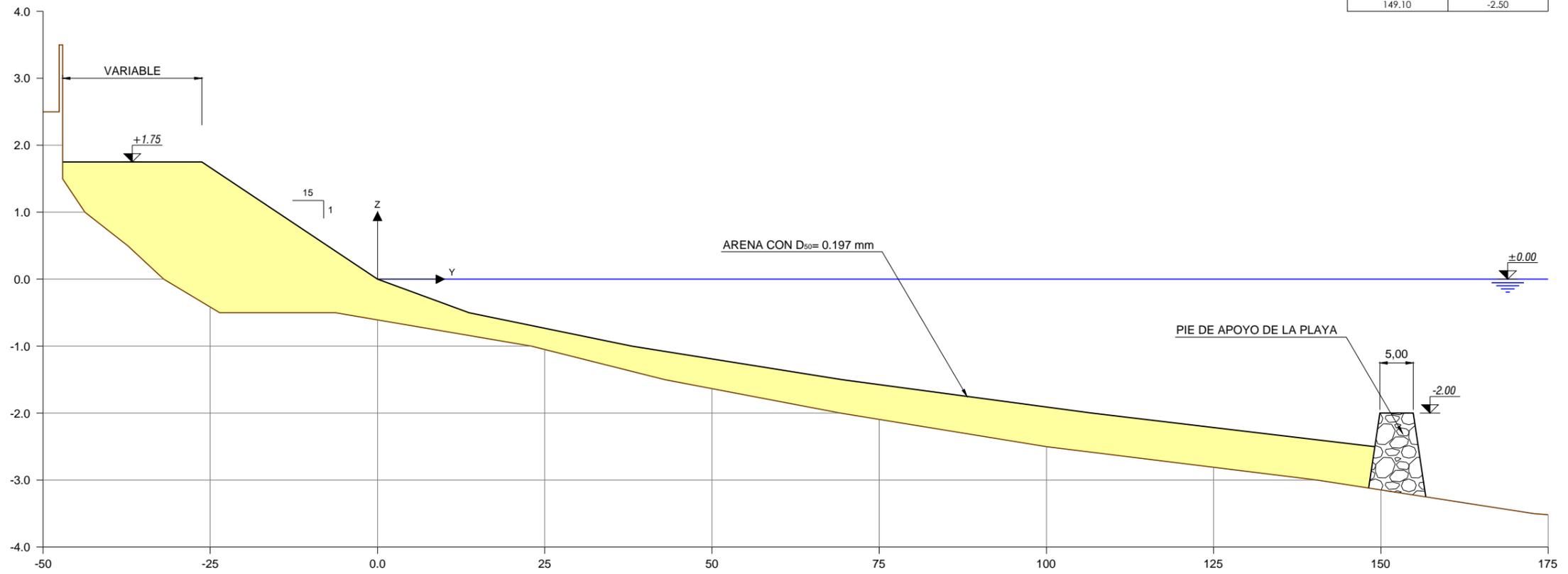
NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)



NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)

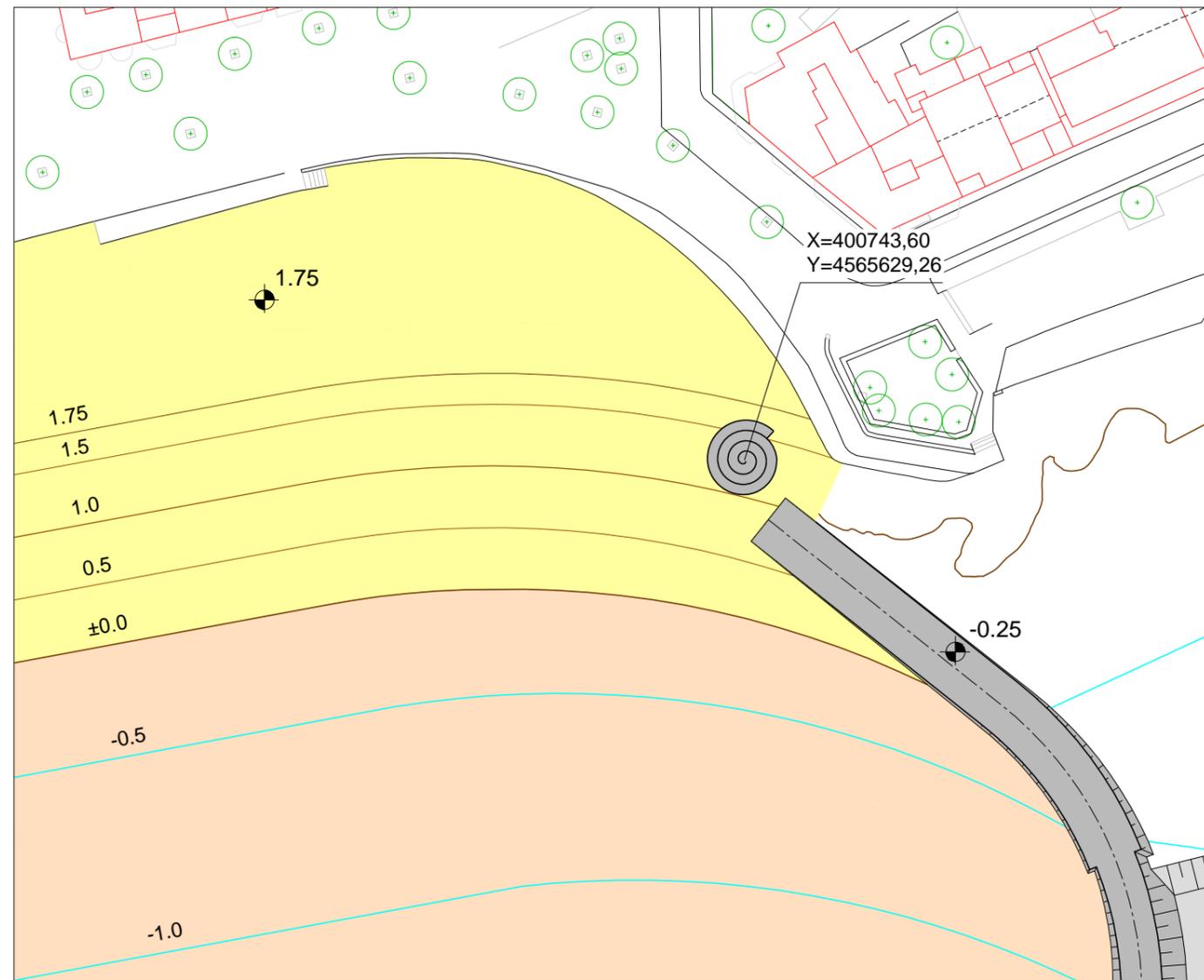
LEYENDA	
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span>	PLAYA SECA
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span>	PLAYA SUMERGIDA
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:green; border:1px solid black;"></span>	CYMODOCEA NODOSA
<span style="color:green; font-weight:bold;">- - - -</span>	SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
<span style="color:red; font-weight:bold;">- - - -</span>	DESLINDE DE DPMT

COORDENADAS DEL PERFIL DE LAPLAYA	
Y	Z
-26.25	1.75
-22.50	1.50
-15.00	1.00
-7.50	0.50
0.00	0.00
13.70	-0.50
38.00	-1.00
69.50	-1.50
106.80	-2.00
149.10	-2.50



SECCION TIPO E-E'  
 ESCALA: HORIZONTAL 1:750  
 VERTICAL 1:75

NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)



PLANTA DE UBICACION DEL HITO  
ESCALA 1:500



VISTA DESDE 'EL BALUART'



VISTA DESDE EL PASEO MARÍTIMO



HITO. DIMENSIONES

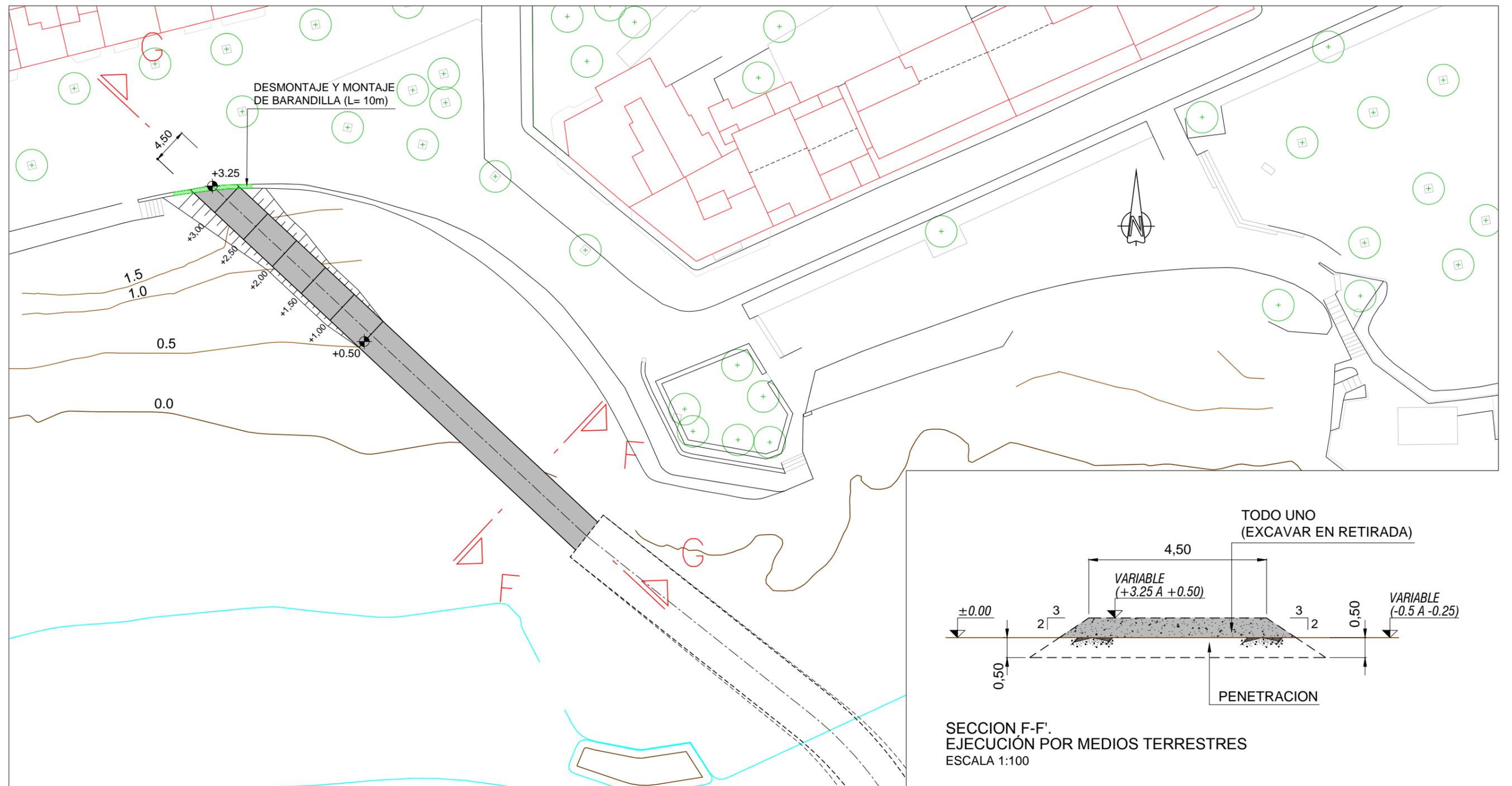


HITO. PLANTA, ALZADO Y PERSPECTIVA

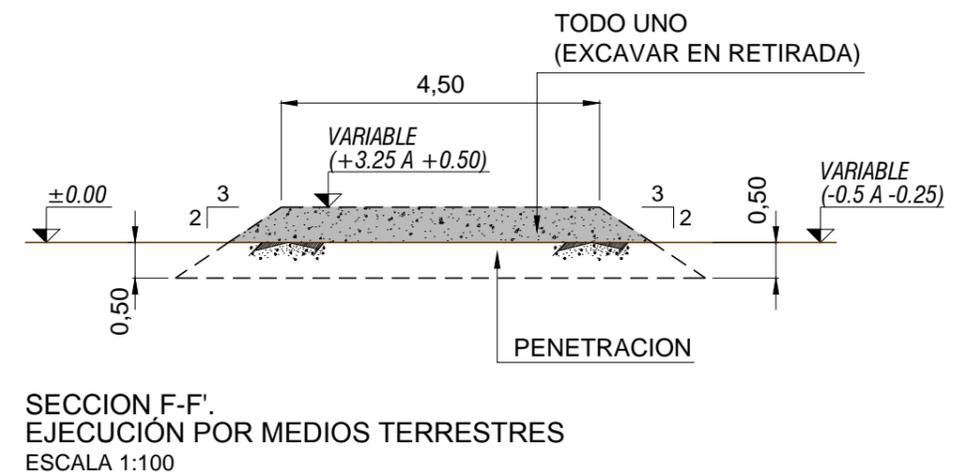


VISTA DESDE LA PLAYA

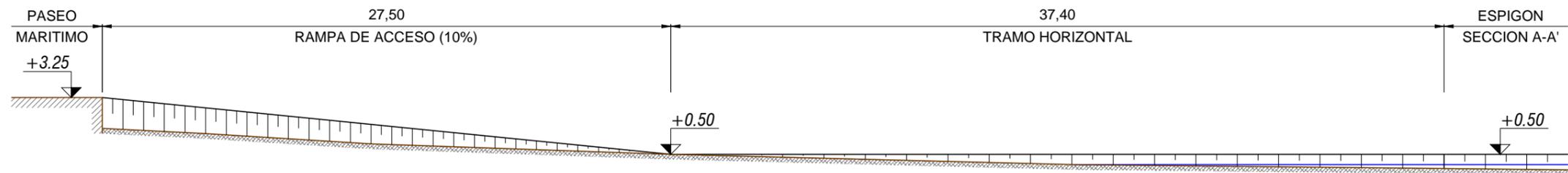
NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)



PLANTA  
ESCALA 1:500



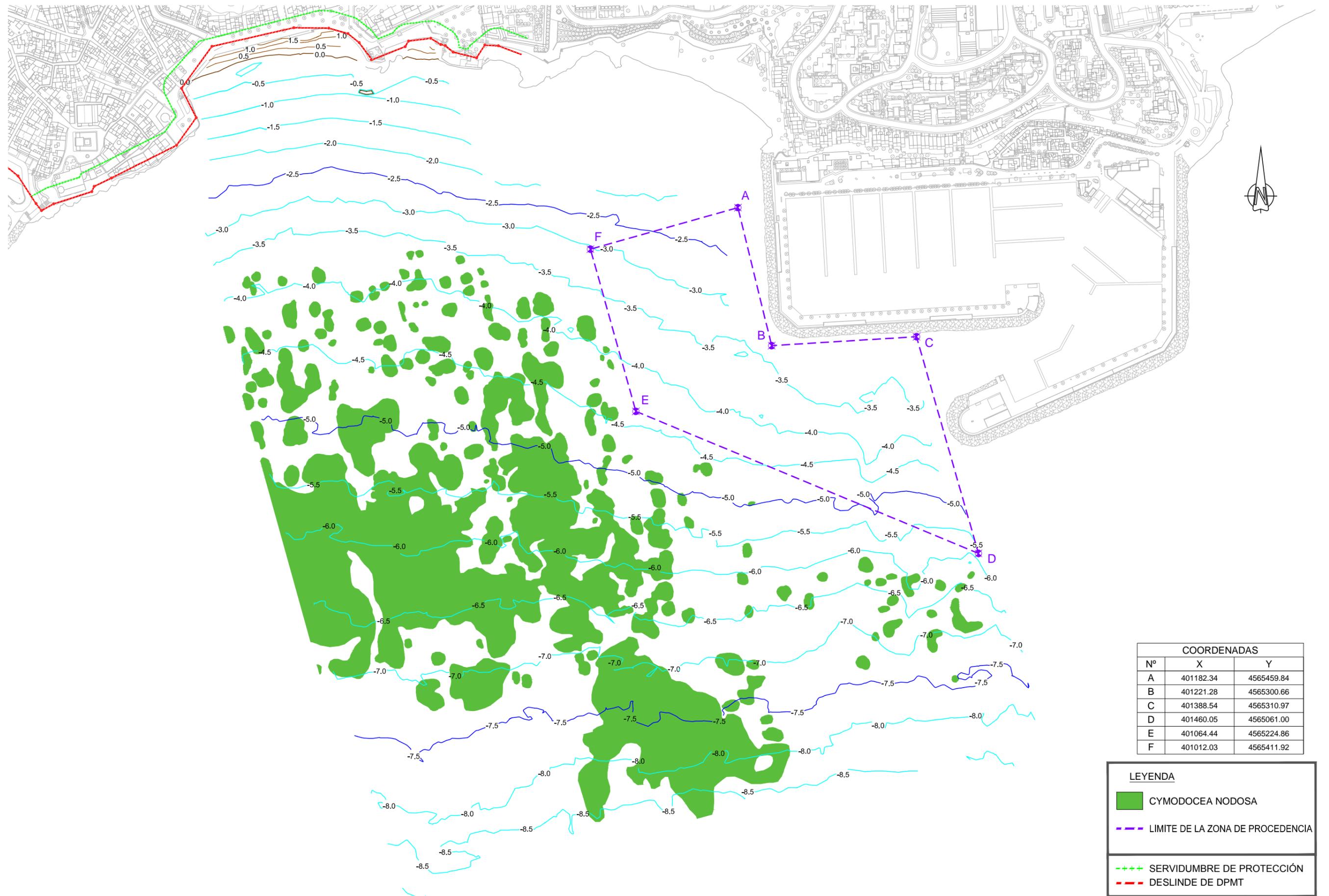
SECCION F-F'.  
EJECUCIÓN POR MEDIOS TERRESTRES  
ESCALA 1:100



SECCION G-G'.  
ESCALA 1:250

NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)

 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar Demarcación de Costas en Cataluña	 EMPRESA CONSULTORA MARCIGLOB Maritime & Civil Global Consultancy Solutions	DIRECTORA DEL PROYECTO ANA MARÍA CASTAÑEDA FRAILE Jefa de Servicio de Proyectos y Obras Demarcación de Costas en Cataluña	AUTOR DEL PROYECTO F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ T.M. DE SITGES (BARCELONA)	FECHA NOVIEMBRE 2017	ESCALA: DIN A-3 INDICADAS	TÍTULO DEL PLANO ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEMOLICIONES Y ACCESOS PROVISIONALES	Nº DE PLANO EIA.10
								Nº HOJA 1 DE 1



COORDENADAS		
Nº	X	Y
A	401182.34	4565459.84
B	401221.28	4565300.66
C	401388.54	4565310.97
D	401460.05	4565061.00
E	401064.44	4565224.86
F	401012.03	4565411.92

LEYENDA	
	CYMODOCEA NODOSA
	LIMITE DE LA ZONA DE PROCEDENCIA
	SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
	DESLINDE DE DPMT

NOTA: COTAS REFERIDAS AL N.M.M.A. (NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE)