Estudio Básico de Dinámica Litoral

ESTUARIO DEL RÍO PIEDRAS Y FLECHA DE EL ROMPIDO, LEPE (HUELVA)

2018

ESTUDIO SOL89 ARQUITECTURA, S.L.
EMBARCADERO FLECHA DE EL ROMPIDO
POLÍGONO 14, PARCELA 5
21449 P. ANTILLA, LEPE (HUELVA)

José Flores Rivera
Licenciado en Ciencias del Mar
Colegiado 2186 C.O.B.A.

ETS
Environmental Techniques & Solutions
C/ Pablo Picasso, 1, 2ºD. 11300 La Línea (Cádiz)
Tlf.: 696907467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL

ESTUARIO DEL RIO PIEDRAS Y FLECHA DE EL ROMPIDO

LEPE, HUELVA

JOSÉ FLORES RIVERA

Licenciado en Ciencias del Mar

Colegiado 2186 C.O.B.A., Tlf: 696 907 467

jose.flores@etsconsultancy.com

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

ÍNDICE

1. OBJETO 9
2. REFERENCIAS 10
3. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO COSTERO, UNIDAD FISIOGRÁFICA 13
4. CAPACIDAD DE TRANSPORTE LITORAL 17
5. BALANCE SEDIMENTARIO, EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA Y PERFIL DE EQUILIBRIO 18
5.1. Transporte longitudinal 21
5.2. Transporte transversal. Predicción de los cambios del perfil de playa 22
5.2.1. Morfodinámica de playas mesomareales 23
5.2.2. Cambios estacionales en el perfil de playa 27
6. CLIMA MARÍTIMO 31
6.1. Carácter de la obra 31
6.1.1. Criterio ROM 0.2-90. *Riesgo admisible* 32
6.1.2. Criterio ROM 0.0-01. Cálculo de la vida útil en función de la naturaleza de la obra 33
6.2. Oleaje 35
6.2.1. Régimen medio (SIMAR 5029023) 36
6.2.2. Régimen extremal (Boya de Sevilla y Boya Costera de Cádiz) 43
6.2.3. Coeficientes direccionales y de propagación inversa 45
6.2.4. Estados del mar en profundidades indefinidas 45
6.3. Otras variables climáticas 46
6.3.1. Viento 46
6.3.2. Marea 57
6.3.3. Corrientes 65
7. BATIMETRÍA HASTA FONDOS NO MODIFICADOS. FORMA EN PLANTA DE EQUILIBRIO DEL TRAMO DE COSTA AFECTADO 76
7.1. Batimetría hasta fondos no modificados 76
7.2. Forma en planta de equilibrio 80
8. NATURALEZA GEOLÓGICA DE LOS FONDOS 86
8.1. Contexto geológico 86
8.2. Sistemas morfodinámicos, formas y procesos 88
8.2.1. Sistema Estuarino. Marisma atlántica del río Piedras 88
8.2.2. Sistema Costero. Flecha litoral del Rompido 90
9. CONDICIONES DE LA NATURALEZA Y LA BIOSFERA SUBMARINA. POSIBLE AFECCIÓN A ESPACIOS DE LA RED NATURA 2000 Y ESTRATEGIA MARINA PARA LA DEMARCACIÓN SUDATLÁNTICA 93
9.1. Condiciones de la naturaleza y la biosfera submarina 95
9.1.1. Medio terrestre. LIC y ZEPA Marismas del Rio Piedras y Flecha del Rompido (ES6150006) 95
9.1.2. Medio marino. ZEC Estuario del Río Piedras (ES6150028) 125
9.2. Posible afección a espacios de la Red Natura 2000 y Estrategia Marina para la Demarcación Sudatlántica 135
9.2.1. LIC y ZEPA ES6150006 Marismas del Rio Piedras y Flecha del Rompido 135
9.2.2. ZEC ES6150028 Estuario del Río Piedras 136

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

9.2.3. Estrategia Marina para la Demarcación Sudatlántica 141
10. DINÁMICAS RESULTANTES DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO 146
10.1. Oleaje 147
10.1.1. Régimen medio de altura de ola significante 147
10.1.2. H_{s12} 148
10.1.3. Dirección del flujo medio de energía 149
10.1.4. Duraciones de excedencia de altura de ola significante 150
10.1.5. Régimen extremal de altura de ola significante: frecuencias 151
10.1.6. Régimen extremal de altura de ola significante: intensidades 153
10.2. Marea meteorológica 154
10.2.1. Régimen medio de marea meteorológica 154
10.2.2. Régimen extremal de marea meteorológica: frecuencias 154
10.2.3. Régimen extremal de marea meteorológica: intensidades 155
10.3. Viento 157
10.3.1. Régimen medio de viento 157
10.3.2. Dirección del transporte potencial eólico 158
10.3.3. Duraciones de excedencias de viento 159
10.3.4. Régimen extremal de vientos: frecuencia 160
10.3.5. Régimen extremal de vientos: intensidades 161
10.4. Variación del nivel del mar 162
10.5. Resumen de resultados 163
10.6. Resultados teóricos de efectos del cambio climático 166
11. DISPONIBILIDAD DE ÁRIDOS Y CANTERAS. PREVISIÓN DE DRAGADOS Y TRASVASES DE ARENAS 173
12. PLAN DE SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS 174
13. PROPUESTA PARA LA MINIMIZACIÓN,EN SU CASO, DE LA INCIDENCIA DE LAS OBRAS Y POSIBLES MEDIDAS CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS 178
13.1. Medidas preventivas 178
13.2. Medidas correctoras 179
13.3. Medidas compensatorias 180
14. CONCLUSIONES 181
15. REPORTAJE FOTOGRÁFICO 186

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

ÍNDICE DE TABLAS

3.1. Características de la playa 15
5.1. Transporte longitudinal entre 2007 y 2016 22
5.2. Relación de equilibrio entre los estados morfológicos de la playa y el valor medio de Ω, con su desviación estándar asociada 27
5.3. Evaluación cualitativa de los estimadores 29
5.4. Resultado de la aplicación del estimador de Dean (D) para el clima de oleaje de la playa 29
5.5. Resultado de la aplicación del estimador de Darlymple (P) 30
6.1. Vidas útiles mínimas para obras o instalaciones de carácter definitivo 31
6.2. Riesgos máximos admisibles para la determinación de valores característicos de cargas variables para fase de servicio y condiciones extremas 32
6.3. Riesgos máximos admisibles para la fase de construcción 33
6.4. Vida útil mínima en la fase de proyecto de servicio 34
6.5. Máxima probabilidad conjunta de fallo en la fase de servicio para los E.L.U. 35
6.6. Distribución de Weibull. Boya de Sevilla 44
6.7. Distribución de Weibull. Boya de Cádiz 44
6.8. Alturas de ola en profundidades indefinidas para distintas direcciones 46
6.9. Características de la Boya del Golfo de Cádiz 47
6.10. Velocidad media (Ve) – Dirección de procedencia en % 50
6.11. Armónicos de Marea calculados sobre el periodo 1997- 2015. Mareógrafo de Huelva 59
6.12. Residuos máximo y mínimo para los períodos de retorno de 200, 300 y 400 años 61
7.1. Coeficientes de Hsu y Evans (1989) 82
7.2. Coordenadas UTM de los puntos de referencia 83
9.1. Figuras de protección en la zona de estudio 93
9.2. Tipos de hábitats presentes en el LIC y ZEPA ES6150006, y su evaluación 97
9.3. Especies del LIC y ZEPA ES6150006 incluidas en las *Directivas Hábitats* y *Aves*, y su evaluación 121
9.4. Otras especies importantes de flora y fauna en el LIC y ZEPA ES6150006 124
9.5. Tipos de hábitats presentes en la ZEC ES6150028, y su evaluación 125
9.6. Especies de la ZEC ES6150028 incluidas en las Directivas Hábitats y Aves, y su evaluación 128
9.7. Otras especies importantes de flora y fauna en la ZEC ES6150028 129
9.8. Inventario de especies relevantes de flora presentes en la ZEC 129
9.9. Inventario de especies relevantes de fauna presentes en la ZEC 131
9.10. Inventario de aves relevantes presentes en la ZEC 131
9.11. Impactos y actividades más importantes con efectos en la zona 135
9.12. Leyenda de la Tabla 9.11 135
9.13. Impactos y actividades más importantes con efectos en la zona 136
9.14. Leyenda de la Tabla 9.13 137
9.15. Tabla de impactos de la ZEC Estuario del Río Piedras 139

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

ÍNDICE DE FIGURAS

3.1. Localización geográfica de la zona de estudio 14
3.2. Ficha catastral 16
5.1. Evolución de la costa 2007-2016 21
5.2. Evolución para playas meso y macromareales. Masselink and Short (1993) 24
5.3. La playa disipativa. Wright and Short (1984) 25
6.1. Emplazamiento del punto SIMAR y las boyas 36
6.2. Rosa de oleaje del punto SIMAR 5029023 37
6.3. Régimen medio anual de H_s por direcciones 38
6.4. Régimen medio anual 40
6.5. Régimen medio estacional. Diciembre-febrero 41
6.6. Régimen medio estacional. Marzo-mayo 41
6.7. Régimen medio estacional. Junio-agosto 42
6.8. Régimen medio estacional. Septiembre-noviembre 42
6.9. Valor de H_{12} en la zona de estudio 43
6.10. Emplazamiento de la Boya del Golfo de Cádiz 47
6.11. Distribución sectorial. Rosa de vientos medios de la Boya del Golfo de Cádiz 48
6.12. Rosa de velocidad media anual de la Boya del Golfo de Cádiz 49
6.13. Distribución conjunta de dirección y velocidad media 50
6.14. Régimen medio de velocidad media anual 51
6.15. Régimen medio de velocidad media estacional 53
6.16. Régimen extremal escalar obtenido a partir de observaciones desde buques en ruta 54
6.17. Régimen extremal escalar obtenido a partir del registro de observaciones costeras 54
6.18. Régimen extremal direccional. 1er cuadrante 55
6.19. Régimen extremal direccional. 2º cuadrante 55
6.20. Régimen extremal direccional. 3er cuadrante 56
6.21. Régimen extremal direccional. 4º cuadrante 56
6.22. Localización de estaciones de medida en el Atlas de Inundación del Litoral Peninsular Español 57
6.23. Características de las estaciones de medida de la zona IVa y sistema de referencia 58
6.24. Serie temporal del mareógrafo de Huelva 58
6.25. Régimen medio del nivel de marea en la zona IVa relativo al cero del puerto de Huelva 60
6.26. Régimen extremal del nivel de marea en la zona IVa referido al cero del puerto de Huelva 60
6.27. Estadística extremal de residuos meteorológicos 61
6.28. Formulación de Van der Meer 62
6.29. Direcciones significativas 63
6.30. Régimen extremal de cota de inundación en una playa abierta 63
6.31. Circulación en el Golfo de Cádiz 66
6.32. Principales flujos de agua mediterránea en el extremo oriental del Golfo de Cádiz 66
6.33. Principales flujos superficiales en el Golfo de Cádiz 67
6.34. Velocidad de corriente en cuatro instantes de tiempo 68
6.35. Rosa de corrientes medias en Boya del Golfo de Cádiz. Período 1996-2014 69
6.36. Valores medios mensuales de velocidad de la corriente. Período 1996-2014 69
6.37. Distribución conjunta de intensidad y dirección de la corriente. Período anual 70

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

6.38. Distribución conjunta de intensidad y dirección de la corriente. Diciembre-febrero 71
6.39. Distribución conjunta de intensidad y dirección de la corriente. Marzo-mayo 72
6.40. Distribución conjunta de intensidad y dirección de la corriente. Junio-agosto 73
6.41. Distribución conjunta de intensidad y dirección de la corriente. Septiembre-noviembre 74
6.42. Estadística de la serie de corrientes 75
7.1. Batimetría de la zona 77
7.2. Zonificación de Hallermeier (1978) 78
7.3. Posibles canales de navegación de buques 79
7.4. Variación de la profundidad e cuatro instantes de tiempo 80
7.5. Esquematización de una bahía en equilibrio 82
7.6. Forma en planta de equilibrio de una playa encajada 83
7.7. Localización geográfica del embarcadero y los puntos de referencia considerados 84
7.8. Forma en planta de equilibrio de la playa 84
8.1. Mapa de situación y unidades geológicas de la costa de Huelva 86
8.2. Evolución de una cuenca de antepaís, del tipo cuenca del Guadalquivir 87
8.3. Esquema simplificado de una cuenca de antepaís 88
8.4. Esquema de una marisma 89
8.5. Geomorfología del sistema de flecha litoral del río Piedras 90
8.6. Evolución histórica de la flecha litoral del Rompido 91
8.7. Naturaleza de los fondos marinos en la zona de estudio 92
9.1. LIC y ZEPA Marismas del Río Piedras y Flecha del Rompido 94
9.2. ZEC Estuario del Río Piedras (en trámite) 94
9.3. Hábitats de Interés Comunitario (HIC) en Andalucía y en la zona de estudio 96
9.4. Lagunas costeras 99
9.5. Vegetación anual sobre desechos marinos acumulados 100
9.6. Vegetación anual pionera con Salicornia y otras especies de zonas fangosas o arenosas 101
9.7. Pastizales de Spartina (*Spartinion maritimi*) 102
9.8. Matorrales halófilos mediterráneos y termo-atlánticos (*Sarcocornetea fructicosae*) 103
9.9. Dunas móviles embrionarias 105
9.10. Dunas móviles de litoral con *Ammophila arenaria* (dunas blancas) 106
9.11. Dunas costeras fijas con vegetación herbácea (dunas grises) 107
9.12. Depresiones intradunares húmedas 109
9.13. Dunas litorales con *Juniperus spp.* 110
9.14. Tomillares y matorrales de arenales interiores mediterráneos 112
9.15. Matorrales altos escleróphilos sobre dunas litorales 113
9.16. Dunas con bosques de *Pinus pinea* y/o *Pinus pinaster* 114
9.17. Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del *Molinion-Holoschoenion* 116
10.1. Altura de ola significante media en el período 1958-2001 147
10.2. Variación de la altura de ola significante media en el período 1958-2001 148
10.3. H_{s12} en el período 1958-2001 148
10.4. Variación de H_{s12} en el período 1958-2001 149
10.5. Dirección del flujo medio de energía del oleaje (1958-2001) 149
10.6. Variación de la dirección del flujo medio de energía del oleaje (1958-2001) 150
10.7. Duraciones de excedencia de altura de ola significante (1958-2001) 151
10.8. Número medio de temporales al año (1958-2001) 152
10.9. Variación del número medio de temporales al año (1958-2001) 152
10.10. Altura de ola significante de 50 años de período de retorno (1958-2001) 153

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

10.11. Variación de altura de ola significante de 50 años de período de retorno 153
10.12. Variaciones del régimen medio de la marea meteorológica (1958-2001) 154
10.13. Variaciones en la ocurrencia de sucesos extremales de la marea meteorológica (1958-2001) 155
10.14. Marea meteorológica de 50 años de período de retorno 156
10.15. Variación de la marea meteorológica de 50 años de período de retorno 156
10.16. Velocidades del viento medias durante el período 1958-2001 157
10.17. Variación del viento medio durante el período 1958-2001 158
10.18. Dirección del transporte eólico durante el período 1958-2001 158
10.19. Variación de la dirección del transporte eólico (1958-2001) 159
10.20. Duraciones de excedencia de viento (1958-2001) 160
10.21. Variación de la ocurrencia de eventos extremales de viento 161
10.22. Velocidad del viento de 50 años de período de retorno 161
10.23. Variación de la velocidad del viento de 50 años de período de retorno 162
10.24. Escenarios de subida del nivel medio del mar (IPCC) 163
10.25. Variaciones de las variables de régimen medio (1958-2001) 164
10.26. Variaciones de las variables de régimen extremal (1958-2001) 165
10.27. Procedimiento del método de las perturbaciones 166
10.28. Variación total de la cota de inundación (m) 168
10.29. Retroceso de la playa por subida del nivel medio (m) 169
10.30. Retroceso de la playa por variación de la dirección del flujo medio de energía 170
10.31. Retroceso de la playa por variación del transporte potencial 172
12.1 Actividades del Plan de Seguimiento y Control del Proyecto 174

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

1. OBJETO

El presente informe se realiza a petición de Dña. María González García, arquitecta y socia de Estudio sol89 Arquitectura, S.L., para la reconstrucción de un embarcadero situado en la Flecha de El Rompido (Huelva) para su uso recreativo sin ánimo de lucro.

Según el artículo 91.3 del *Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas*, "Cuando el proyecto contenga la previsión de actuaciones en el mar o en la zona marítimo-terrestre, deberá comprender un estudio básico de la dinámica litoral referido a la unidad fisiográfica costera correspondiente de los efectos de las actuaciones previstas, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 93 de este reglamento (artículo 44.3 de la Ley 22/1988, de 28 de julio)".

Dicho artículo 93 (*Contenido del estudio básico de dinámica litoral*) dice lo siguiente: "El estudio básico de dinámica litoral a que se refiere el artículo 91.3 de este reglamento se acompañará como anejo a la Memoria, y comprenderá los siguientes aspectos:

a) Estudio de la capacidad de transporte litoral.
b) Balance sedimentario y evolución de la línea de costa, tanto anterior como previsible.
c) Clima marítimo, incluyendo estadísticas de oleaje y temporales direccionales y escalares.
d) Dinámicas resultantes de los efectos del cambio climático.
e) Batimetría hasta zonas del fondo que no resulten modificadas, y forma de equilibrio, en planta y perfil, del tramo de costa afectado.
f) Naturaleza geológica de los fondos.
g) Condiciones de la biosfera submarina y efectos sobre la misma de las actuaciones previstas en la forma que señala el artículo 88 e) de este reglamento.*
h) Recursos disponibles de áridos y canteras y su idoneidad, previsión de dragados o trasvases de arena.
i) Plan de seguimiento de las actuaciones previstas.
j) Propuesta para la minimización, en su caso, de la incidencia de las obras y posibles medidas correctoras y compensatorias."

Así, el objetivo del presente Informe es elaborar un estudio suficientemente representativo de la dinámica litoral en la Ría del Piedras, para determinar la influencia del oleaje y el resto de fenómenos naturales sobre la forma en planta y el equilibrio de dicho tramo de costa.

** Artículo 88. Documentos a aportar con el proyecto básico.*

[...]

e) Determinación de la posible afección a espacios de la red Natura 2000 o cualesquiera otros dotados de figuras de protección ambiental. En aquellos proyectos en que se pueda producir la citada afección, el proyecto incluirá el necesario estudio bionómico referido al ámbito de la actuación prevista además de una franja del entorno del mismo de al menos 500 metros de ancho.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

2. REFERENCIAS

- www.puertos.es. Puertos del Estado.
- www.BOE.es. Boletín Oficial del estado.
- www.juntadeandalucia.es/boja. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía.
- Modelos de morfodinámica de playas. César Vidal, Miguel A. Losada, Raúl Medina e Íñigo Losada. Grupo de Ingeniería Oceanográfica. Universidad de Cantabria. Dto. De Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, Universidad de Cantabria.
- ROM 0.3-91, www.puertos.es. Puertos del Estado. Ministerio de Fomento.
- ROM 0.2-90, www.puertos.es. Puertos del Estado. Ministerio de Fomento.
- ROM 0.4-95, www.puertos.es. Puertos del Estado. Ministerio de Fomento
- Evolución en planta/perfil de una playa. Métodos predictivos. Agustín Sánchez-Arcilla y José A. Jiménez, Laboratori d' Enginyeria Marítima, Universitat Politécnica de Catalunya.
- www.aemet.es. Agencia Estatal de Meteorología.
- www.ugr.es. Instituto Andaluz de Geofísica.
- Origen y propiedades de los sedimentos. Manuel García Flores, José Antonio Maza Álvarez.
- Catálogo de suelos de Andalucía. Junta de Andalucía.
- Mapa de Evaluación de la Capacidad General de los Usos del Suelo.Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Procedimiento Seguimiento y Control del Proyecto. Marco de Desarrollo de la Junta de Andalucía.
- Nuevos fondeos para pesqueros y embarcaciones menores. El Rompido (Huelva). Anejo 4: Propagaciones.Agencia Pública de Puertos de Andalucía. Consejería de Fomento y Vivienda. Junta de Andalucía.
- Atlas de Inundación del Litoral Peninsular Español.Dirección General de Costas. Ministerio de Medio Ambiente. Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas. Universidad de Cantabria.
- Estrategia Marina. Demarcación Marina Sudatlántica. Parte I. Marco General. Evaluación inicial y buen estado ambiental. Instituto Español de Oceanografía. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 2012.
- Nuevos fondeos para pesqueros y embarcaciones menores. El Rompido (Huelva). Anejo 2: Bases de diseño. Agencia Pública de Puertos de Andalucía. Consejería de Fomento y Vivienda. Junta de Andalucía.
- Nuevos fondeos para pesqueros y embarcaciones menores. El Rompido (Huelva). Anejo 4: Propagaciones. Agencia Pública de Puertos de Andalucía. Consejería de Fomento y Vivienda. Junta de Andalucía.
- *Real Decreto 1193/1998, de 12 de junio, por el que se modifica el real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.*
- *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.*
- *Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas.*
- *Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas.*
- *Ley 8/2003, de 28 de octubre, de la flora y la fauna silvestres.*
- *Decreto 23/2012, de 14 de febrero, por el que se regula la conservación y el uso sostenible de la flora y la fauna silvestres y sus hábitats.*

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- *Decreto 493/2012, de 25 de septiembre, por el que se declaran determinados lugares de importancia comunitaria como Zonas Especiales de Conservación de la Red Ecológica Europea Natura 2000 en la Comunidad Autónoma de Andalucía.*
- *Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.*
- *Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres.*
- *Decisión 82/72/CEE del Consejo, de 3 de diciembre de 1981, referente a la celebración del Convenio relativo a la conservación de la vida silvestre y del medio natural de Europa.*
- *Decisión 82/461/CEE del Consejo, de 24 de junio de 1982, relativa a la celebración del Convenio sobre la conservación de las especies migratorias de la fauna silvestre.*
- *Apéndices I, II y III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, firmada en Washington el 3 de marzo de 1973, y enmendada en Bonn el 22 de junio de 1979 (párrafo 3 a) del Artículo XI), y en Gaborone el 30 de abril de 1983 (Artículo XXI).*
- *Real Decreto 1095/1989, de 8 de septiembre, por el que se declaranlas especies objeto de caza y pesca y se establecen normas para su protección.*
- *Real Decreto 1118/1989, de 15 de septiembre, por el que se determinan las especies objeto de caza y de pesca comercializables y se dictan normas al respecto.*
- *Ley 2/1989, de 18 de julio, por la que se aprueba el Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección.*
- http://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=ES6150028. Natura 2000-Standard Dataform ZEC Estuario del Río Piedras.
- http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnextoid=5994b27808ffc410VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnextchannel=591d74ee211f4310VgnVCM1000001325e50aRCRD. Zonas Especiales de Conservación del Litoral de Huelva y Odiel (Proyecto de Decreto, Borrador 5, Agosto 2017 y Proyecto de Orden, Borrador 4, Mayo 2017). Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.
- Protección de la Flora en Andalucía. Junta de Andalucía. Consejería de Cultura y Medio Ambiente. Agencia de Medio Ambiente. 1994. ISBN: SE-84-87294-53-7.
- Geodiversidad y Patrimonio Geológico de Andalucía. Miguel Villalobos Megía, Ana B. Pérez Muñoz. Consejería de Medio Ambiente. ISBN: 84-933537-8-7.
- 5º Informe de Evaluación del Cambio Climático. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2014.
- http://ws128.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/sigpac/index.xhtml. Sistema de Información Geográfica de Identificación de Parcelas Agrícolas (SIGPAC). Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.
- http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam. Visor geográfico de la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM). Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.
- http://sig.mapama.es/bdn/. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Visores cartográficos.
- http://www.ideo-base.ieo.es/Home. Información Geoespacial Marina del Instituto Español de Oceanografía. Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.
- https://www.iucn.org/es. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- http://eunis.eea.europa.eu/. European Nature Information System. European Environment Agency.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/estrategias-marinas/demarcacion-sudatlantica/. Estrategia Marina para la Demarcación Sudatlántica. Ministerio para la Transición Ecologica.
- Modelado hidrodinámico de la Flecha de El Rompido y su entorno. Cristina Aguilar Correa. Trabajo Fin de Máster. Dpto. de Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla. 2016.
- Dinámica de formas de fondo en la desembocadura del estuario del Río Piedras (Huelva). I. Delgado, J.A. Morales, J.M. Gutiérrez Mas. Geogaceta, 38 (2005), 143-146. ISSN: 0213683X.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

3. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO COSTERO, UNIDAD FISIOGRÁFICA

La zona de estudio se encuentra en la desembocadura del río Piedras, formando parte de la Flecha del Rompido o de Nueva Umbría, en el término municipal de Lepe (Huelva). Este tramo costero se ubica entre las cuencas de los ríos Odiel y Guadiana, delimitando los términos de Cartaya y la citada Lepe. El río desemboca en el océano Atlántico a través de un pequeño y estrecho sistema mesomareal, con un canal principal reducido que se caracteriza por el desarrollo de la flecha, en cuyo frente se dispone un sistema de deltas de reflujo mareal. Esta flecha, que representa una estructura única, está formada por los aportes de materiales del río, por el flujo de las mareas y por la acción del oleaje proveniente del sudoeste, evolucionando desde la unión de diferentes islas-barrera hasta la configuración actual, con una extensión de más de 10 km en sentido oeste-este gracias a un rápido proceso de acreción apical de barras de oleaje, facilitado por la migración del sistema de deltas mareales situado en la zona frontal. Su anchura es inferior a 1 km, y su crecimiento ha tenido lugar de forma episódica, aunque estudios recientes revelan que el mayor incremento se ha dado en los últimos 100 años (tasa estimada en 32–63 m/año).

Todo el entorno que rodea al área objeto de estudio se caracteriza por su alto valor paisajístico y natural, pues se encuentra ubicada en el Paraje Natural Marismas del Río Piedras y Flecha del Rompido. Además, cuenta en sus inmediaciones con las ruinas de una antigua almadraba, pudiendo accederse al lugar por un sendero.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Figura 3.1. Localización geográfica de la zona de estudio.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Longitud	400 m
Anchura zona emergida	8,5 m
Composición de áridos	Arena fina, dorada
Condiciones de baño	Aguas tranquilas
Tipo de playa	Aislada consolidada, confinada y estable
Usos	-
Fauna	Diversa y abundante
Flora	Diversa y abundante
Protección	Paraje Natural Marismas del Río Piedras y Flecha del Rompido
Patrimonio	Ruinas del Real Nuevo de la Almadraba de Nueva Umbría y Casa del Capitán

Tabla 3.1. Características de la playa.

Esta zona del litoral de Huelva presenta una marea con oscilación semidiurna y una amplitud (distancia media en la vertical entre la altura mínima de las aguas en bajamar y la altura máxima en pleamar) entre 0,3 y 1,1 m, tratándose, por tanto, de un rango mesomareal.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

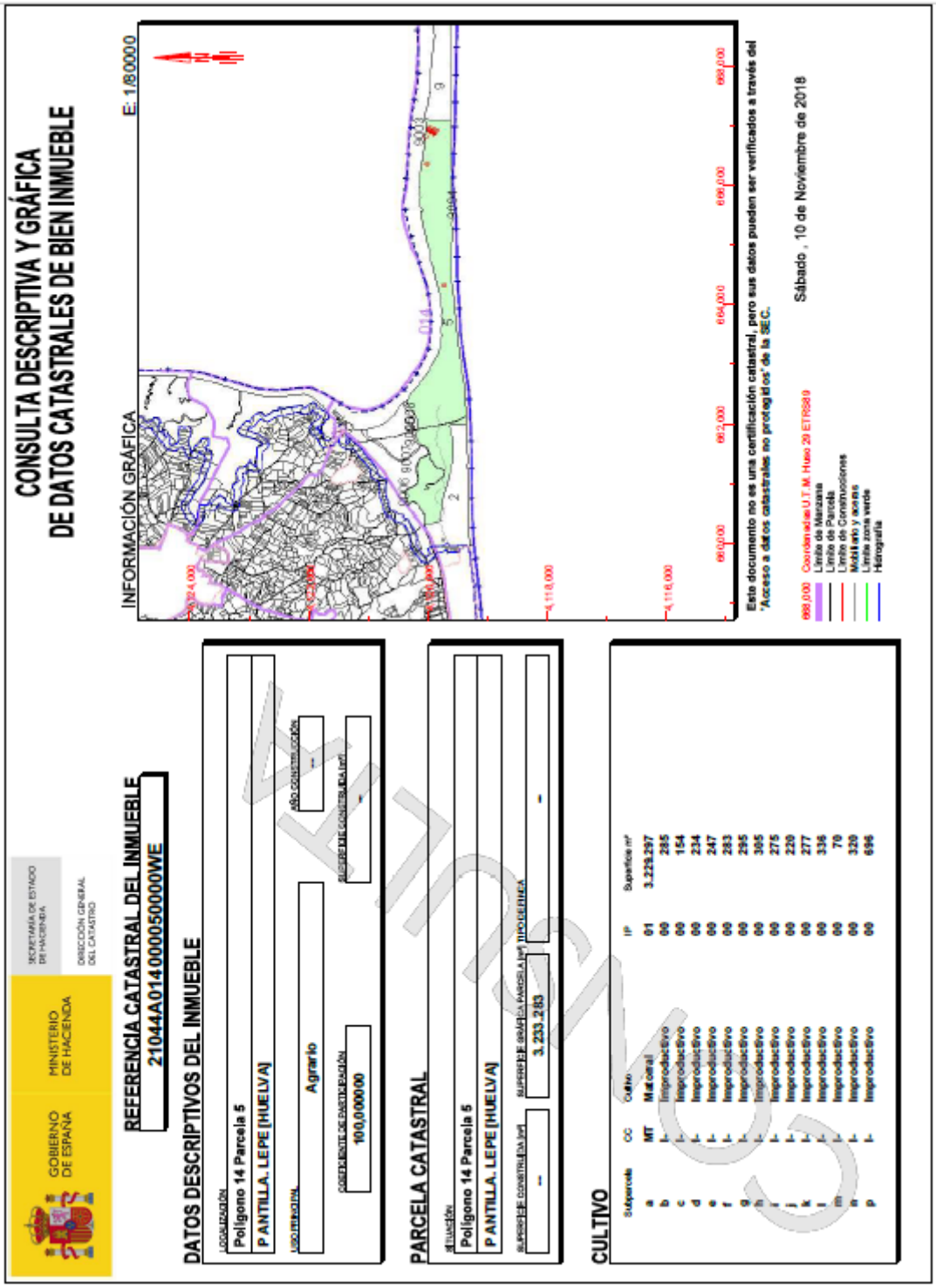


Figura 3.2.Ficha catastral.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

4. CAPACIDAD DE TRANSPORTE LITORAL

La capacidad de transporte es el valor máximo del transporte sólido paralelo a la costa (bruto o neto) que se puede llegar a alcanzar en una playa determinada bajo unas características concretas de oleaje y de sedimento. Este valor sólo se alcanza cuando las condiciones reales a las que está sometida la playa son las óptimas.

Para estimar la capacidad de transporte litoral se utilizará el *Método del flujo de energía*, pues es el más extendido en ingeniería de costas por su sencillez de aplicación. El método relaciona la altura de ola significativa, su ángulo de incidencia y otros parámetros característicos de las playas con la tasa de transporte de sedimentos paralela a la costa.

En el medio marino costero, la energía que hace posible la dinámica sedimentaria litoral llega principalmente e trenes de ondas superficiales que rompen sobre la costa en forma de olas de rompiente. Éstas viajan desde mar adentro hacia la costa, disipando su energía de distintas formas hasta ser absorbida al entrar al sistema, en gran parte, por la erosión de las rocas, la re-suspensión de material sedimentario y el movimiento neto de masas de agua en forma de corrientes (longitudinales y transversales).

El ángulo de incidencia de los frentes de olas y el gradiente energético de las mismas a lo largo de la costa determinan un flujo neto de masa paralelo que forma una corriente longitudinal. Esta componente es responsable de las alteraciones morfológicas de playas y del transporte de sedimentos entre sistemas costeros consecutivos. Este transporte longitudinal, denominado *deriva litoral*, es responsable del movimiento de miles y hasta millones de metros cúbicos de arena cada año, y se desarrolla principalmente en la zona de deslizamiento. Se encuentra entre los procesos más importantes de los que determinan la morfología costera y su balance de erosión/acreción.

La formulación que propone este método es la siguiente:

$$Q = 3589000 \cdot H_b^{5/2} \cdot \mathrm{sen}(2\theta_b)$$

Siendo:

- Q la capacidad de transporte sólido longitudinal (m^3/año)
- H_b la altura de la ola en rotura (m)
- θ_b el ángulo entre la cresta de la ola en rotura y la línea de costa

En el caso de la zona objeto de estudio, la capacidad de transporte litoral es, aproximadamente, la siguiente:

$$Q = 45.400 m^3/año$$

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

5. BALANCE SEDIMENTARIO, EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA Y PERFIL DE EQUILIBRIO

El transporte de sedimentos en la línea de costa es el resultado de la acción de diversos agentes dinámicos que suministran al sistema un contenido energético determinado que, en el caso de fondos constituidos por material sedimentario no consolidado, se traduce en un movimiento de partículas y en la modificación del borde costero. Estos agentes son el viento, las mareas, el oleaje y las corrientes.

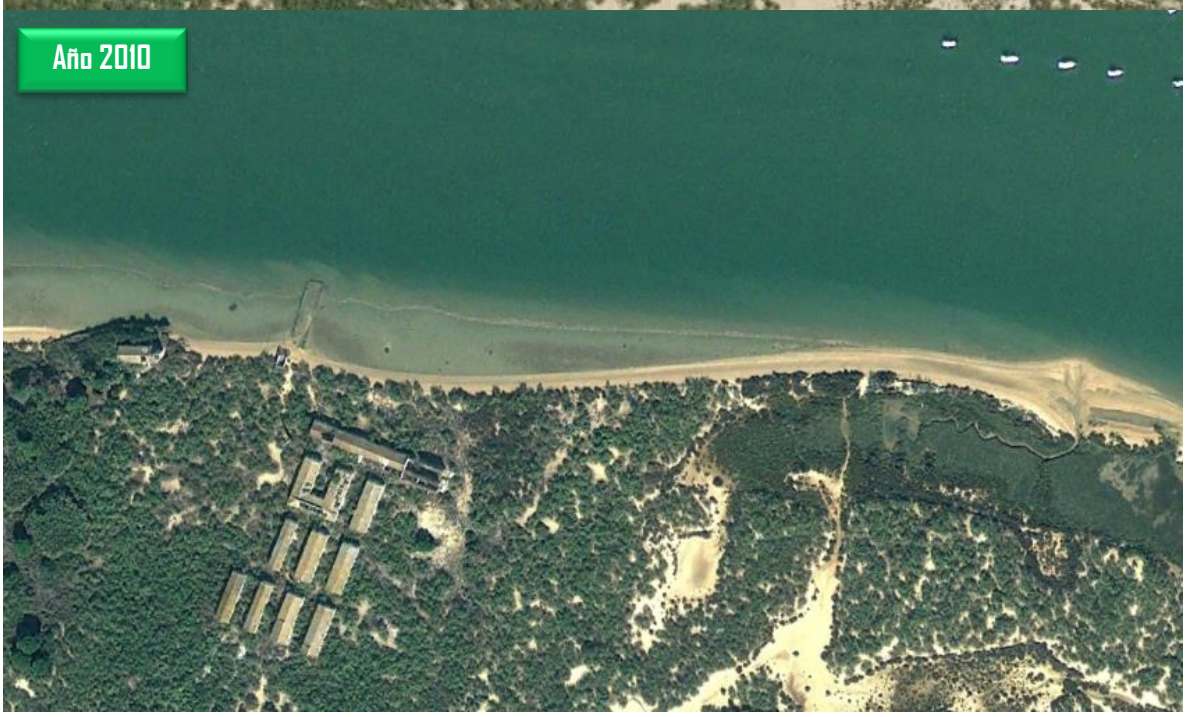
Cuando se habla de movilización y transporte de sedimentos en el litoral, el agente dinámico más importante de forma general en la mayor parte de las costas, es el oleaje, de forma que, con el fin de abordar su contribución al transporte de sedimentos, se ha utilizado la aproximación clásica de división en dos componentes, longitudinal y transversal, cuya suma lineal da como resultado el transporte total.

Puesto que casi todo el transporte sedimentario tiene lugar en las inmediaciones de la orilla, o al menos los cambios más visibles, habrá que estimar las características del oleaje en la zona de rompientes, pues de ellas dependerán las características de las corrientes generadas en la rotura. Para ello, se propagará el oleaje desde zonas profundas hacia la costa, reproduciendo en la medida de lo posible los procesos de refracción, difracción, fricción con el fondo e interacciones con corrientes.

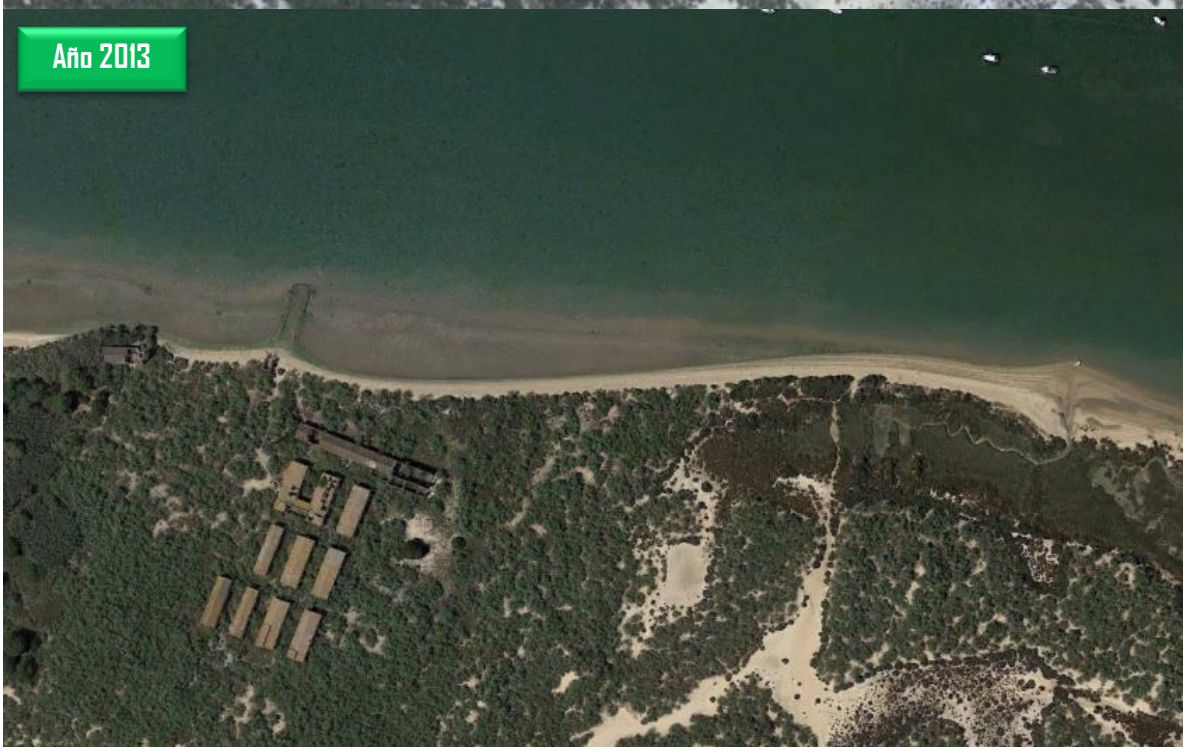
No obstante, al encontrarse la playa en la cara interna de la flecha y, por tanto, protegida de las olas, la dinámica sedimentaria estará dominada por la marea y será ésta la encargada del movimiento neto del sedimento. En una primera fase, el sedimento arenoso aportado por los ríos se deposita en la zona alta del estuario al confluir la corriente fluvial con la marea. Posteriormente, la corriente de reflujo mareal (*vaciante*) retoma una parte del sedimento del fondo del canal y la transporta hacia la boca del estuario, donde se mezcla con la arena marina introducida por la corriente de flujo (*llenante*). Todo este trasporte tiene lugar en la zona más profunda del canal, mientras que en las zonas más someras, entre las que se encuentra la zona de estudio, tiene lugar una sedimentación activa de los fangos transportados en suspensión y de los floculados.

Como se aprecia en la figura 5.1, a partir de imágenes obtenidas de Google Earth entre los años 2007 y 2016, la playa en la que se encuentra el embarcadero no presenta variaciones a simple vista.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com



C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com



C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

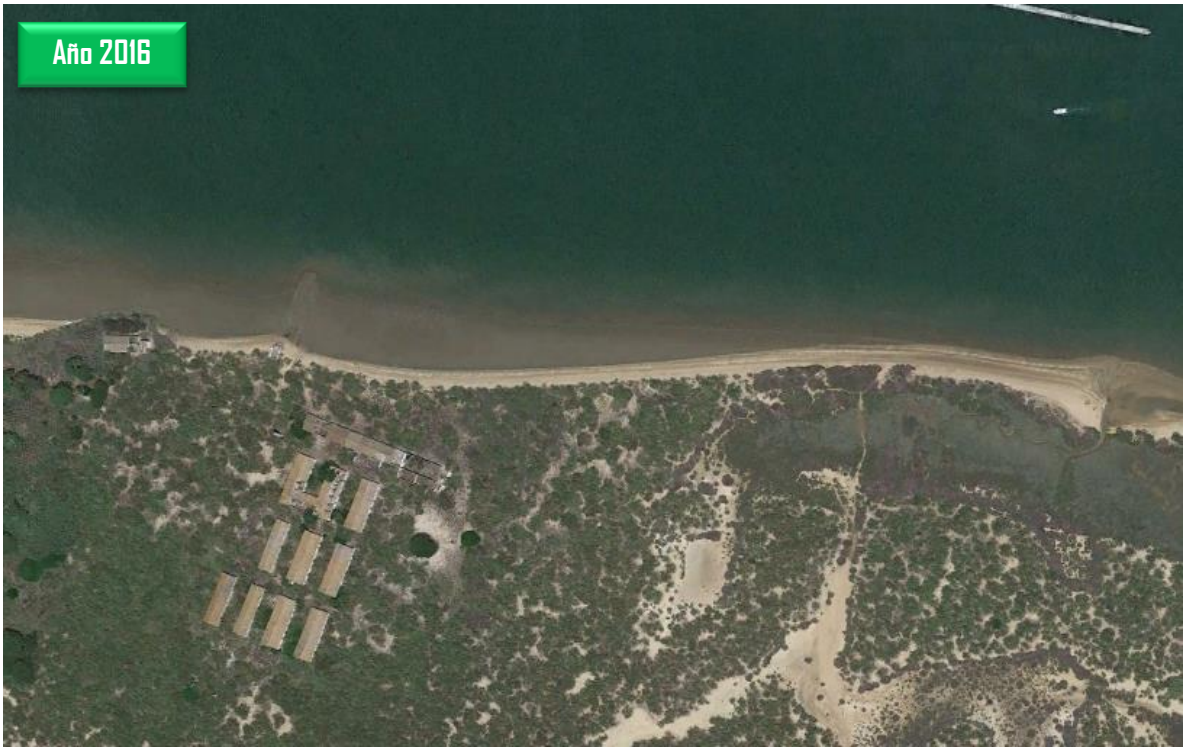


Figura 5.1. Evolución de la costa 2007-2016.

5.1. TRANSPORTE LONGITUDINAL

Para el cálculo del transporte longitudinal de sedimentos en la zona costera pueden emplearse dos métodos de estimación, el directo (a través de la observación de mapas batimétricos, cartas, perfiles, informes de dragados, etc.), y el empírico (usando formulaciones predictivas en función de los agentes energéticos que actúan sobre la zona de estudio). En este caso se ha optado por el primero de ellos, por ser el más realista.

La tasa de cambio de la línea de costa es una de las herramientas más utilizadas por los investigadores para determinar la dinámica del sistema costero, su evolución y, en consecuencia, el balance sedimentario. El primer paso para calcular las tasas de cambio a que está sometida la costa es la medida de la posición de la línea de playa con la mayor exactitud posible. Las fuentes de datos más utilizadas incluyen fotografías aéreas, mapas históricos, cartas náuticas o batimétricas y perfiles de playa.

Es importante resaltar que este tipo de estudio puede presentar errores, fundamentalmente relacionados con la estimación de la línea de costa, ya que las fotografías aéreas muestran las condiciones oceanográficas del momento del vuelo; los mapas y cartas de la línea de costa derivadas de la fotointerpretación representan el promedio de las observaciones y de los factores de corrección, y los mapas batimétricos muchas veces no presentan el mismo datum o las correcciones de nivel de la marea. Las medidas de los errores de los métodos de estimación de la posición de la línea de costa han sido abordadas por diversos autores. Según Dolan et al., 1991, los errores en planta son del orden de ± 8,4 m para los mapas antiguos, ± 5,0 m

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

para los mapas actuales y aproximadamente + 7,0 m para fotografías aéreas a una escala de 1:10.000. La tendencia actual, con el uso masivo de los sistemas de posicionamiento global (GPS) de tipo diferencial, es la disminución de este error.

En este caso, para medir las fluctuaciones de la línea de costa se ha optado por el estudio de fotografías aéreas y mapas topográficos y batimétricos recientes. A partir de las correcciones realizadas puede asumirse que el error de las estimaciones es del orden de +5,0 m o inferior.

Los resultados arrojados por las diferentes aproximaciones y la utilización de las condiciones hidrodinámicas y morfológicas de esta playacoinciden conla bibliografía consultada, estimando que el transporte longitudinal se produce en dirección Noroeste-Sureste.

AÑO	VOLUMEN APROX. SEDIMENTOS (m^3)	DEPOSICIÓN/EROSIÓN (m^3)
2007	6.200	-
2010	6.300	+200
2011	6.900	+700
2013	6.900	-
2016	6.900	-
	Total	**+900**

Tabla 5.1. Transporte longitudinal entre 2007 y 2016.

Considerando posibles errores, se ha tomado la tasa de transporte como la media de las tasas anuales, lo que da como resultado una deposición media de +100m^3/año. Este dato pone de manifiesto la estabilidad que caracteriza actualmente a esta playa, pues sus variaciones con respecto al volumen de sedimentos son positivas, aunque muy pequeñas.

5.2. TRANSPORTE TRANSVERSAL. PREDICCIÓN DE LOS CAMBIOS DEL PERFIL DE PLAYA

La mayoría de estudios sobre el flujo de sedimentos en las zonas costeras se centran en la cuantificación del transporte longitudinal, considerando al transporte transversal como secundario e incluso de poca importancia, debido a la alta complejidad que envuelve a dicho proceso.

Sin embargo, la aplicación de fórmulas para el cálculo del transporte transversal puede ser sustituida por los estudios de la configuración del perfil litoral y su evolución, que se utilizan en los cambios del perfil de playa, pudiendo incluso llegar a la evaluación del transporte transversal de sedimentos por medio de relaciones basadas en la morfodinámica de las playas y utilizando el concepto de *perfil de equilibrio*.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

5.2.1. Morfodinámica de playas mesomareales

Las playas mesomareales, como la correspondiente al presente estudio, son aquellas con una carrera de marea viva de 2 a 5 metros. En ellas, los procesos morfodinámicos están determinados por el oleaje y la corriente de marea conjuntamente. Masselink and Short (1993) presentaron un modelo conceptual para las playas con marea en el que la morfología de las mismas se describe en función de los parámetros de velocidad de caída adimensional de grano, Ω, y de carrera de marea relativa a la altura de la ola, CMR, definidos de la siguiente manera:

$$\Omega = H_{sb} / \omega_s \cdot T_p$$

Donde H_{sb} es la altura de ola significante en rotura, ω_s es la velocidad de caída del sedimento (asociada al diámetro medio) y T_p es el período de pico del oleaje incidente.

$$CMR = CM / H_{sb}$$

Donde CM es la carrera de marea y H_{sb} es la altura de ola significante en rotura.

Valores altos de CMR indican una playa en la que la morfodinámica está controlada por la marea, mientras que valores bajos corresponden a una morfodinámica controlada por el oleaje.

- **Efecto de la marea en la morfodinámica de las playas**

El efecto de las mareas en la morfodinámica de las playas con carrera de marea importante fue resumido por Masselink and Short (1993) en los siguientes puntos:

- El incremento de la marea relativa disminuye la velocidad con que se producen los procesos de transporte y cambio de morfología de la playa, pues cada parte del perfil intermareal sólo está sometida durante un período de tiempo a la acción dinámica del oleaje, y la energía de éste debe repartirse sobre una mayor longitud del perfil.

- El incremento de la carrera de marea relativa produce un incremento de la importancia de los procesos de asomeramiento sobre los de rotura y ascenso-descenso, lo que se traduce en pendientes de playa inferiores.

- En las playas disipativas, el aumento de la carrera de marea relativa provoca la desaparición de los sistemas de barras, llegándose a perfiles ultradisipativos.

- En las playas con carreras de marea grandes, o en las proximidades de entrada a los estuarios, las corrientes paralelas a la playa de carácter cíclico debidas a la dinámica mareal pueden jugar un papel importante en la dinámica del transporte longitudinal de sedimentos, especialmente en la parte baja de la zona intermareal.

- **Modelo conceptual de evolución morfológica**

La siguiente figura representa el modelo conceptual de estados de playa propuesto por Masselink and Short (1993), basado en la información existente sobre playas con y sin carrera de marea. Se puede observar, como se comentó con

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

anterioridad, que el modelo asume que la morfodinámica de la playa es una función de dos variables adimensionales: caída del grano (Ω) y carrera de marea relativa (CMR). Atendiendo a estos parámetros, las playas se clasifican de la siguiente forma:

- Grupo de playas reflejantes (Ω<2)
  - Playas reflejantes. Son aquellas en las que CMR<3
  - Playas con terraza de bajamar y corrientes de retorno. 3<CMR<7
  - Playas con terraza de bajamar. CMR>7

- Grupo de playas intermedias (2<Ω<5)
  - Playas con barras.
  - Barra de bajamar y corriente de retorno. 3< CMR<7

- Grupo de playas disipativas (Ω>5)
  - Playas disipativas con barras. CMR<3
  - Playas disipativas sin barras. CMR>3
  - Playas ultradisipativas. Ω>2 y CMR>7.

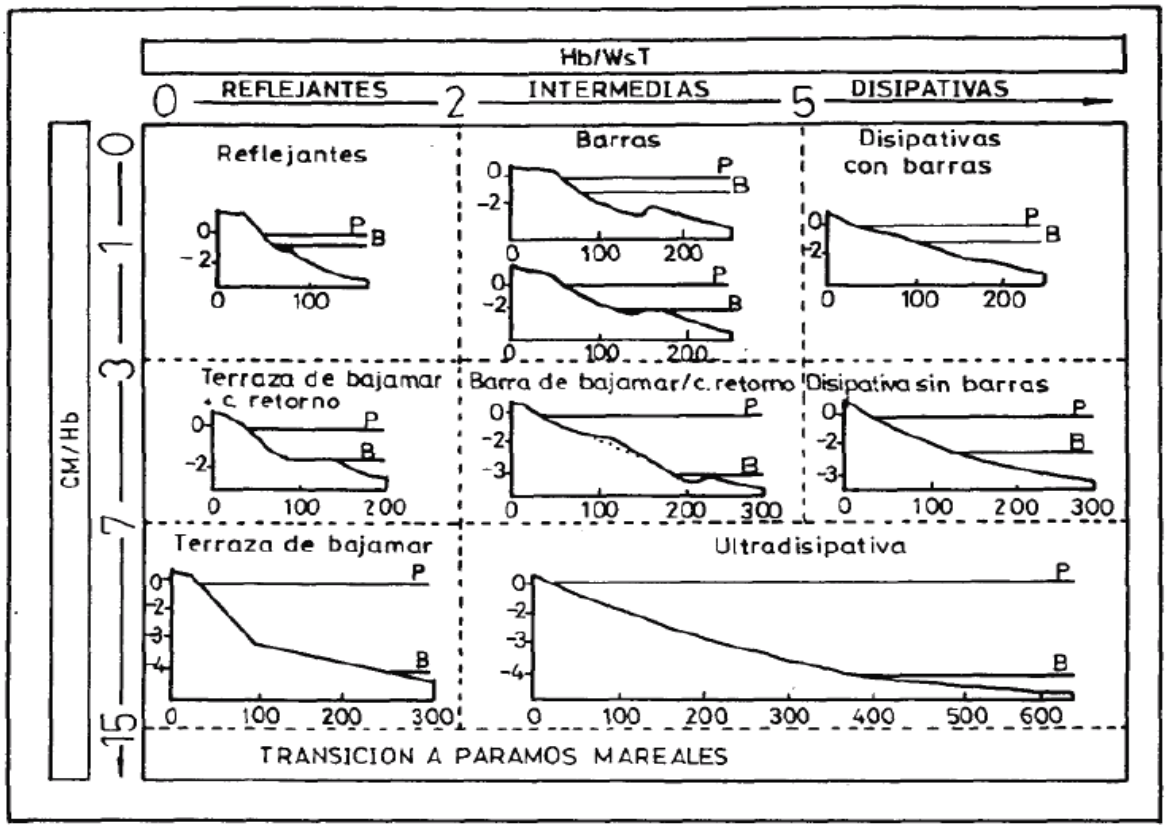


Figura 5.2. Evolución para playas meso y macromareales. Masselink and Short (1993).

Los valores medios de Ω y CMR en la zona son, aproximadamente, 5,3 y 4, respectivamente, de forma que se puede clasificar dentro del tipo de **playa disipativa sin barras**.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

La playa disipativa tiene una morfología prácticamente bidimensional, con un perfil muy tendido, análogo al perfil *de temporal* o *de invierno* que se describe en las playas con variación estacional. Aparecen en el perfil una o varias barras longitudinales, paralelas a la línea de costa y separadas por senos poco marcados. Dada la geometría bidimensional del sistema, las corrientes de retorno son prácticamente inexistentes, salvo en el caso de discontinuidades marcadas por los propios contornos del sistema (arrecifes rocosos, límites extremos de la playa, etc.). Si definimos el parámetro de Iribarren en rotura, I_{rb}, por:

$$Irb = \frac{\tan \beta}{\sqrt{Hb/L0}}$$

Donde H_b y L_0 son, respectivamente, la altura de ola en rotura y la longitud de onda en profundidades indefinidas del oleaje incidente, y $\tan\beta$ es la pendiente del fondo, las playas disipativas se presentan con valores continuados de I_{rb} inferiores a 0.4, lo que implica roturas en descrestamiento y una disipación de la energía del oleaje progresiva a lo largo del perfil.

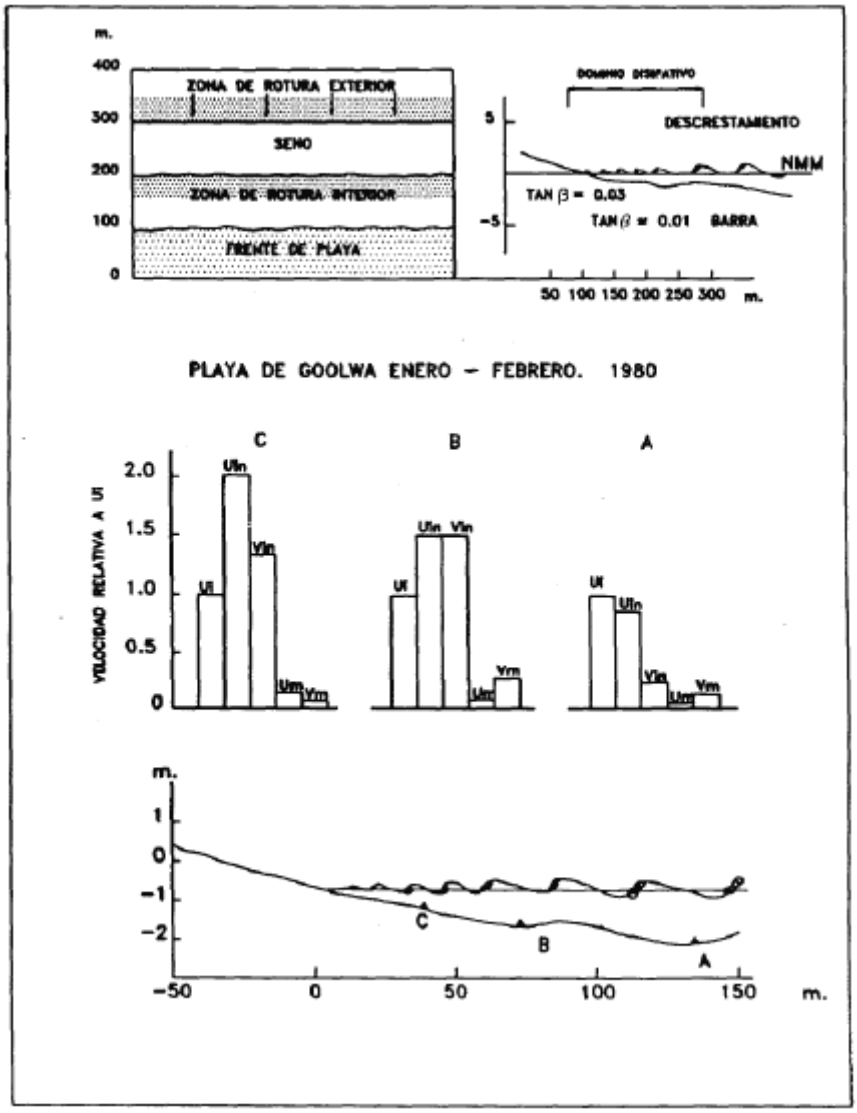


Figura 5.3. La playa disipativa. Wright and Short (1984).

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

En la Figura 5.3 se muestra un ejemplo de la *firma dinámica* asociada a este estado de playa. La gráfica de barra indica la amplitud relativa de los flujos en la proximidades del fondo, correspondientes al oleaj incidente, U_i, al surf beat, U_{in} (transversal) y V_{in} (longitudinal) y las corrientes medias, U_m y V_m. En todos los casos, se ha asignado arbitrariamente el valor 1 a la velocidad normal oscilatoria.

Como puede verse, la característica más destacable es el continuo crecimiento de la proporción de energía infragravitatoria a medida que nos acercamos a la línea de costa. Los desfases de $\pi/2$ entre la superficie libre y la velocidad horizontal oscilatoria indican que las oscilaciones del surf-beat son estacionarias en la dirección normal a la costa.

Existen dos modos alternativos para el surf-beat estacionario: ondas libres estacionarias y ondas de borde o atrapadas estacionarias. En las primeras, la energía se radia de nuevo hacia el mar produciendo oscilaciones sólo en la dirección transversal, mientras que las segundas quedan atrapadas por refracción sobre el talud de playa, produciendo oscilaciones tanto longitudinales como transversales. Ambos modos predicen alternancias transversales de nodos y antinodos capaces de determinar la posición de barras paralelas con un espaciamiento entre ellas progresivamente mayor a medida que se progresa hacia el mar.

El surf-beat estacionario es pues claramente dominante en la parte interior de la zona de rompientes. El primer antinodo debe estar en el frente de playa, por lo que en él las oscilaciones son máximas y los ascensos-descensos en el frente de playa están dominados por las frecuencias del surf-beat.

Las olas rompen en la barra, bombeando agua al seno durante los períodos de alta actividad del oleaje y transfiriendo a estos las oscilaciones asociadas a los grupos de ondas. El agua almacenada en los senos retorna por encima de la barra en los períodos de menor actividad del oleaje. Por este motivo, las corrientes de retorno localizadas son débiles o inexistentes y en la zona interior de rompientes, las velocidades de flujo dominantes son las debidas al flujo oscilatorio estacionario infragravitatorio. Es necesario indicar aquí que, en el caso de playas disipativas con accidentes topográficos marcados o en los contornos extremos, se suelen establecer, en períodos de temporal, corrientes de retorno de gran escala asociadas a las modificaciones que el oleaje sufre en estos contornos.

Por lo que respecta a los flujos medios, en sección vertical, se establece de una manera clara un flujo entrante por la superficie, compensado por un flujo de salida (resaca) en las proximidades del fondo. Esta segregación vertical del flujo es otra de las características definitorias de las playas disipativas.

- **Estado modal de la playa**

La morfología de una playa en un instante determinado depende de las características de su sedimento, de las condiciones del oleaje y de su estado previo. Sin embargo, a largo plazo, la playa tenderá a mostrar un estado modal, o más frecuente, alrededor del cual oscilará la morfología de la playa en respuesta a las variaciones del oleaje. El rango de esta oscilación alrededor del estado modal es lo que define la movilidad de la playa. Para definir las influencias del oleaje y del tipo de sedimento se emplea el parámetro adimensional de caída del grano, Ω, propuesto por Dean en 1973:

$$\Omega = H_{sb} / \omega_s \cdot T_p$$

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Donde H_{sb} es la altura de ola significante en rotura, ω_s es la velocidad de caída del sedimento (asociada al diámetro medio) y T_p es el período de pico del oleaje incidente.

Este parámetro indica la tendencia de un grano, colocado en suspensión por el paso de una ola, a ser transportado hacia la playa o hacia aguas profundas, lo que indica la dirección del transporte transversal y, en consecuencia, la tendencia de acumulación o erosión de un perfil de playa. Si el sedimento es transportado de la zona de rompiente hacia la playa, dará lugar a un perfil de acreción más reflectivo; si ocurre lo contrario, el grano permanece más tiempo en suspensión y tiende a ser transportado hacia el mar, desarrollándose un perfil de erosión y más disipativo. Posteriormente, Wright y Short, en 1984, establecieron la relación entre el parámetro Ω y los estados morfodinámicos de la playa:

Estado	Ω media	Desviación	% Casos zona de estudio
Reflejante	<1.50	-	0,77%
Terraza de Bajamar	2.40	0.19	5,38%
Barras Transversales	3.15	0.64	5.38%
Barra y Playa en Cúspide	3.50	0.76	25.38%
Barra y Surco Longitudinal	4.70	0.93	24.62%
Disipativa	>5.50	-	38,46%

Tabla 5.2. Relación de equilibrio entre los estados morfológicos de la playa y el valor medio de Ω, con su desviación estándar asociada (Período estudiado: enero 2008 - octubre 2018).

Hay que mencionar que la relación obtenida por estos investigadores en Australia entre el valor de omega y los estados de la playa en el momento de la observación fue baja, utilizando la media ponderada de las condiciones anteriores. Este hecho, sin duda, disminuye la precisión de estimación del modelo, aunque, en el caso de la zona de estudio existe una menor amplitud de variación de la energía del oleaje en comparación con el sudeste de Australia, por lo que es posible que el modelo pueda ofrecer un mejor diagnóstico de los estados morfológicos.

El porcentaje de cada estado morfológico ha sido definido para el caso de esta playa por el parámetro omega aplicando las condiciones observadas en ella y utilizando las tablas de distribución conjunta de ocurrencia de oleaje ($H_b \cdot T_p$) para el período 2008-2018. Se observa que el estado morfológico predominante en la zona es *Disipativo* (38,46%).

Como conclusión, a pesar de no contar con una gran frecuencia de observaciones de campo de los estados morfológicos del orden de días, el intervalo de observaciones considerado resulta suficiente y compatible con el análisis, debido al estudio de las condiciones climáticas. El uso de esta información junto a datos de variación de perfiles y clima de oleaje hace posible una buena estimación de los estados morfológicos a que está sometida la playa y, de manera general, la estimación por el parámetro omega se ajusta a las condiciones observadas.

5.2.2. Cambios estacionales en el perfil de playa

Los cambios que sufre el perfil de playa son modificaciones que se producen en la dirección transversal a la costa, inducidos principalmente por el transporte transversal de sedimentos. Estos cambios pueden ocurrir en ambos sentidos (*onshore* y

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

offshore), dependiendo de la batimetría, la granulometría del material del fondo, régimen de las mareas y, sobre todo, la componente energética del clima de oleaje.

Básicamente existen dos tipos de cambios de perfil:

- Perfil de erosión o de tormentas, donde se produce una erosión de la parte interna del perfil que hace retroceder la línea de costa. El material es transportado mar adentro y se deposita formando barras sumergidas. En estas condiciones existe un transporte neto en sentido *offshore*.
- Perfil de acreción, ocasionado durante la acción del oleaje de baja energía, provocando el proceso inverso al anterior. Predomina un transporte neto hacia la playa, que retoma el material erosionado y depositado en forma de barra, transportándolo nuevamente en dirección a la orilla y haciéndola avanzar.

Las similitudes observadas en el tipo y la evolución de los perfiles costeros hicieron que algunos autores creasen el concepto de ***equilibrio*** y lo asociasen a la forma del perfil. Según estos autores, los perfiles de playa evolucionan hacia una forma de equilibrio en respuesta a las condiciones hidrodinámicas a que están sometidos. Este concepto es ampliamente aplicado, tanto para determinar la forma del perfil de equilibrio (Bruun, 1954; Dean, 1973), como para determinar la forma a que llegaría el perfil bajo condiciones de tormenta (Swart, 1975).

El perfil de equilibrio ha sido usado ampliamente con buenos resultados en el estudio de playas arenosas, donde el transporte longitudinal de sedimentos es despreciable y donde los perfiles pueden evolucionar a una posición de equilibrio. Kriebel y Dean (1985) propusieron que la tasa de transporte transversal de sedimentos está asociada a la tasa de desviación del perfil respecto a la posición de equilibrio, definiendo un modelo tiempo-dependiente para calcular los cambios de acreción y erosión. A partir de esta teoría se propusieron otros modelos de equilibrio en los que el concepto fue ampliado a los perfiles con barras (Inman, 1949).

A pesar de que las aplicaciones iniciales del concepto de perfil de equilibrio se han asociado a regiones con dominio de transporte transversal, este método también viene siendo utilizado con éxito en playas con predominio del transporte longitudinal.

Los modelos o estimadores de acreción/erosión son la herramienta más sencilla para predecir el comportamiento evolutivo de un perfil de playa, en función del conocimiento de las variables implicadas en el proceso (oleaje y características del sedimento y del perfil). Jiménez *et al.* (1997) divide los estimadores en dos grupos, en función de la inclusión o no de la pendiente de playa en el modelo, y analiza la capacidad predictiva de los parámetros más utilizados, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo.

Para el análisis cualitativo se han seleccionado los dos estimadores con mayor capacidad de predicción de las situaciones de erosión/acreción en el perfil de playa (Tabla 5.3). Se observa que las ecuaciones que no incluyen la pendiente presentan los mejores resultados, de manera que se han seleccionado el estimador D para condiciones de oleaje en la rotura (Dean, 1973), y el P para aguas profundas (Darlymple, 1992).

Como aclaración, hay que decir que los estimadores que incluyen la pendiente son los siguientes: SH (Sunamura y Horikawa, 1974), HK (Hattori y Kawamata, 1980), SG (Sayao y Graham, 1991) y JS (Jiménez y Sánchez-Arcilla, 1992). Cabe destacar que en la evaluación cuantitativa de los estimadores, basado en datos de laboratorio, el estimador JA propuesto por Jiménez *et al.* en 1997 como combinación de los estimadores JS y D, presenta los mejores resultados.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Estimador	D		P		SH		HK		SG		JS	
Tipo	AP	R	AP	R	AP	R	AP	R	AP	R	AP	R
Acierto (%)	91,	97,1	100	94,3	94,3	91,4	94,3	88,6	82,8	77,1	85,7	85,7
Umbral	2,7	**4**	**9500**	24200	20	30	0,12	0,2	0,1	0,14	0,09	0,11

Tabla 5.3. Evaluación cualitativa de los estimadores. *Acierto* se refiere al porcentaje de casos bien predichos. *Umbral* es el valor en cada estimador que divide los casos de erosión/acreción (modificado de Jiménez *et al.*, 1997). En negrita, estimadores seleccionados.

El parámetro D supone que el transporte offshore de sedimentos se produce principalmente en suspensión. Se parte de la idea de que las olas al romper ponen en suspensión las partículas de sedimento y, dependiendo del tiempo de caída en relación al período de oleaje, el movimiento neto será hacia la playa (corto) o hacia el mar (grande). La expresión en forma de número adimensional viene dada por:

$$D = H_b / w_f \cdot T$$

Donde H_b es la altura media de la ola en rompiente, T el período de oleaje y w_f la velocidad de caída del sedimento.

El parámetro P ha sido obtenido siguiendo la línea de Dean, y su interpretación física puede ser considerada la misma. Se trata de una relación funcional para interpretar el principio físico que, en número adimensional, se traduce en:

$$P = g \cdot H^2 / w_f^3 \cdot T$$

Donde H es la altura media del oleaje en aguas profundas.

Los resultados de la aplicación del estimador D vienen representados en la Tabla 5.4. En ella puede observase que las condiciones de **erosión** se producen en un porcentaje del 39%, frente al 61% de las condiciones de **acreción**.

H_0(m)/ T (s)	2,5	3,00	3,5	4,0	4,5	5,0	A (%)	E (%)
0.2	1,33	1,11	0,95	0,83	0,74	0,67		
0.3	2,00	1,67	1,43	1,25	1,11	1,00	33,3%	0,0%
0.4	2,67	2,22	1,90	1,67	1,48	1,33		
0.5	3,33	2,78	2,38	2,08	1,85	1,67		
0.6	4,00	3,33	2,86	2,50	2,22	2,00	6,9%	1,4%
0.7	4,67	3,89	3,33	2,92	2,59	2,33	6,9%	1,4%
0.8	5,33	4,44	3,81	3,33	2,96	2,67	5,5%	2,8%
0.9	6,00	5,00	4,29	3,75	3,33	3,00	4,2%	4,2%
1.0	6,67	5,56	4,76	4,17	3,70	3,33	2,8%	5,5%
1.1	7,33	6,11	5,24	4,58	4,07	3,67	1,4%	6,9%
1.2	8,00	6,67	5,71	5,00	4,44	4,00	0,0%	16,7%
1.3	8,67	7,22	6,19	5,42	4,81	4,33		

Tabla 5.4. Resultado de la aplicación del estimador de Dean (D) para el clima de oleaje de la playa. H_0 es la altura media en aguas profundas y T el período correspondiente. Las casillas grises representan las condiciones de acreción. A (%) y E (%) son la suma del porcentaje de aparición de las condiciones de acreción y erosión.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Los resultados de la utilización del parámetro P (Tabla 5.5) muestran que en el 61,1% de las combinaciones de condiciones hidrodinámicas analizadas se obtiene un perfil de playa con **acreción**, mientras que en un 38,9% de los casos el resultado es un perfil **erosivo**.

H_0(m)/ T (s)	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	A (%)	E (%)
0.2	726,67	605,56	519,05	454,17	403,70	363,33		
0.3	1635,00	1362,50	1167,86	1021,88	908,33	817,50		
0.4	2906,67	2422,22	2076,19	1816,67	1614,81	1453,33	50,0%	0,0%
0.5	4541,67	3784,72	3244,05	2838,54	2523,15	2270,83		
0.6	6540,00	5450,00	4671,43	4087,50	3633,33	3270,00		
0.7	8901,67	7418,06	6358,33	5563,54	4945,37	4450,83		
0.8	11626,67	9688,89	8304,76	7266,67	6459,26	5813,33	5,5%	2,8%
0.9	14715,00	12262,50	10510,71	9196,88	8175,00	7357,50	4,2%	4,2%
1.0	18166,67	15138,89	12976,19	11354,17	10092,59	9083,33	1,4%	6.9%
1.1	21981,67	18318,06	15701,19	13738,54	12212,04	10990,83		
1.2	26160,00	21800,00	18685,71	16350,00	14533,33	13080,00	0,0%	25,0%
1.3	30701,67	25584,72	21929,76	19188,54	17056,48	15350,83		

Tabla 5.5. Resultado de la aplicación del estimador de Darlymple (P).

Considerando ambos parámetros, se observa que ambos presentan una total concordancia, obteniéndose un perfil de playa de acreción en el 61% de las condiciones de oleaje analizadas, y uno de erosión en el 39%.

El estimador JA, usado en el análisis cuantitativo, está definido por la siguiente expresión:

$$JA = \left| D_{b,eq} - D_b \right|^{0,5} \cdot m$$

Donde D_b es el parámetro de Dean evaluado en rotura, $D_{b,eq}$ es el valor umbal de dicho parámetro en rotura ($D_{b,eq}$ = 4), m es la relación entre la profundidad y el ancho de rotura, que representa la disipación de la energía del oleaje en rotura.

El estado del perfil viene dado por la relación $D_{b,eq}$ - D_b: valores positivos indican acreción, y negativos, erosión. Esta relación presenta, cualitativamente, los mismos resultados que el parámetro de Dean, es decir, 61% de erosión y 39% de acreción.

Los datos muestran que, para las condiciones de oleaje de la zona de estudio, los perfiles de playa presentan una mayor susceptibilidad a la acreción que a la erosión en cuanto al transporte transversal de sedimentos hacia la playa.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

6. CLIMA MARÍTIMO

El objetivo de la caracterización del clima marino es definir los agentes del medio físico que influyen tanto en el dimensionamiento de la instalación como en el grado de operatividad de la misma. Estos agentes son principalmente el viento, las mareas y el oleaje.

El estudio del clima marítimo es algo imprescindible en cualquier proyecto de ingeniería marítima que se quiera acometer en dicho ámbito geográfico, pues gracias a él se puede caracterizar y prever el oleaje en aguas profundas, basándose en la determinación de la altura de la ola y de las direcciones predominantes del oleaje.

6.1. CARÁCTER DE LA OBRA

Según los Criterios Generales de Proyecto de la Recomendación de Obras Marítimas (ROM) 0.2-90, la obra para la cual se precisa el presente estudio es de carácter *industrial específico*, por lo que su vida útil debe ser, como mínimo, de 25 años.

TIPO DE OBRA O INSTALACIÓN	NIVEL DE SEGURIDAD REQUERIDO		
	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL	25	50	100
DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO	15	25	50

LEYENDA:

INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL:
Obras de carácter general; no ligadas a la explotación de una instalación industrial o de un yacimiento concreto.

DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECIFICO:
Obras al servicio de una instalación industrial concreta o ligadas a la explotación de recursos o yacimientos de naturaleza transitoria (por ejemplo, puerto de servicio de una industria, cargadero de mineral afecto a un yacimiento concreto, plataforma de extracción de petróleo,...).

NIVEL 1:
Obras e instalaciones de interés local o auxiliares.
Pequeño riesgo de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura.
(Obras de defensa y regeneración de costas, obras en puertos menores deportivos, emisarios locales, pavimentos, instalaciones para manejo y manipulación de mercancías, edificaciones,...).

NIVEL 2:
Obras e instalaciones de interés general.
Riesgo moderado de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura.
(Obras en grandes puertos, emisarios de grandes ciudades, ...).

NIVEL 3:
Obras e instalaciones de protección contra inundaciones o de carácter supranacional. Riesgo elevado de pérdidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura.
(Defensa de núcleos urbanos o bienes industriales, ...).

Tabla 6.1. Vidas útiles mínimas para obras o instalaciones de carácter definitivo (en años).

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

A la obra se le asigna un NIVEL 1, pequeño riesgo de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura.

6.1.1. Criterio ROM 0.2-90. *Riesgo admisible*

- **En fase de servicio (S)**

Los riesgos máximos admisibles para esta fase en condiciones extremas (hipótesis de trabajo S2), se recogen en la siguiente tabla:

a) RIESGO DE INICIACIÓN DE AVERÍAS

		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA.	BAJA	0,50	0,30
	MEDIA	0,30	0,20
Indice : Coste de pérdidas / Inversión	ALTA	0,25	0,15

b) RIESGO DE DESTRUCCIÓN TOTAL

		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA.	BAJA	0,20	0,15
	MEDIA	0,15	0,10
Indice r : Coste de pérdidas / Inversión	ALTA	0,10	0,05

Se adoptará como riesgo máximo admisible el de iniciación de averías o el de destrucción total según las características de deformabilidad y de posibilidad o facilidad de reparación de la estructura resistente.
Para obras rígidas o de rotura frágil sin posibilidad de reparación se adoptará el riesgo de destrucción total.
Para obras flexibles, semirrígidas o de rotura en general reparable (daños menores que un nivel prefijado función del tipo estructural) se adoptará el riesgo de iniciación de averías.
En este tipo de obras podrá adoptarse también el riesgo de destrucción total, definiendo para cada tipo estructural el nivel de daños aceptado como de destrucción total. La acción resultante se considerará como accidental.

LEYENDA:

- POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS
  - Reducida: Cuando no es esperable que se produzcan pérdidas humanas en caso de rotura o daños
  - Esperable: Cuando es previsible que se produzcan pérdidas humanas en caso de rotura o daños.
- REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASÓ DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA

$$\text{Indice } r = \frac{\text{Coste de pérdidas directas e indirectas}}{\text{Inversión}}$$

  - BAJA: $r \leq 5$
  - MEDIA: $5 < r \leq 20$
  - ALTA: $r > 20$

Tabla 6.2. Riesgos máximos admisibles para la determinación, a partir de datos estadísticos, de valores característicos de cargas variables para fase de servicio y condiciones extremas.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Para condiciones de operación normales (S1) no se fijan, por lo general, riesgos máximos admisibles, sino niveles de operatividad mínimos para cada instalación ligados más a regímenes medios que a regímenes extremales. Sin embargo, en este estudio sí se hará, por considerarse un método más fiable y seguro.

- **En fase de construcción (C)**

En la fase de construcción se pueden adoptar los mismos riesgos máximos admisibles que para la fase de servicio en condiciones extremas, considerando índices (Pérdidas/Inversiones) medios y posibilidad reducida de pérdidas humanas.

	Riesgo máximo admisible para Fases de Construcción
Iniciación de averías	0,30
Destrucción total	0,15

Tabla 6.3. Riesgos máximos admisibles para la fase de construcción.

Para la instalación objeto de estudio se considera un tiempo de construcción de unos seis meses y se adopta un riesgo de iniciación de averías, es decir, un valor de 0,3.

En la fase de construcción la el riesgo está relacionado con el período medio de retorno a través del siguiente modelo exponencial:

$$E = 1 - e^{-n/Tr}$$

Donde *n* es la vida útil en la fase de construcción (seis meses, ó 0,5 años) y *Tr* es el período de retorno.

Así, Tr = 1,4 años (16,8 meses).

6.1.2. Criterio ROM 0.0-01. Cálculo de la vida útil en función de la naturaleza de la obra

El carácter general de la obra se establecerá en función de los siguientes índices: Índice de Repercusión Económica, IRE e Índice de Repercusión Social y Ambiental, ISA.

- ***IRE***

Este índice valora cuantitativamente las repercusiones económicas por reconstrucción de la obra, C_{RD}, y por cese o afección de las actividades económicas directamente relacionadas con ellas, C_{RI}, previsibles, en el caso de producirse la destrucción o la pérdida de operatividad total de la misma. El IRE se define por la siguiente expresión:

$$IRE = (C_{DR} + C_{RI}) / C_0$$

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Donde C_0 es un parámetro económico de adimensionalización.

En función del valor del IRE, las obras marítimas se clasifican en tres tipos, correspondientes a tres subintervalos, R_i, i = 1, 2, 3.

- R_1, obras con repercusión económica baja: IRE $\leq$ 5
- R_2, obras con repercusión económica media: 5 > IRE $\leq$ 20
- R_3, obras con repercusión económica alta: IRE > 20

En este caso se trata de una obra marítima R_2, de repercusión económica media. La vida útil, en función del IRE, será, como mínimo, el valor consignado en la siguiente tabla:

IRE	$\leq$ 5	6-20	> 20
Vida útil (años)	15	25	50

Tabla 6.4. Vida útil mínima en la fase de proyecto servicio.

Para este proyecto, la vida útil será de 25 años.

- ***ISA***

El ISA estima cualitativamente el impacto social y ambiental esperable en el caso de producirse la destrucción o la pérdida de operatividad total de la obra marítima, valorando la posibilidad y alcance de: 1) pérdidas de vidas humanas, 2) daños en el medio ambiente y en el patrimonio histórico-artístico y 3) la alarma social generada; considerando que el fallo se produce una vez consolidadas las actividades económicas directamente relacionadas con la obra.

El ISA se define por el sumatorio de tres subíndices:

$$ISA = \sum_{i=1}^{3} ISA_i$$

Donde ISA_1 es el subíndice de posibilidad y alcance de pérdida de vidas humanas; ISA_2, el subíndice de daños en el medio ambiente y en el patrimonio histórico-artístico; e ISA_3, el subíndice de alarma social.

En función del valor del ISA, las obras marítimas se clasifican en cuatro tipos correspondientes a cuatro subintervalos, S_i, i = 1, 2, 3, 4.

- S1, obras sin repercusión social y ambiental significativa: ISA < 5
- S2, obras con repercusión social y ambiental baja: 5 $\geq$ ISA < 20
- S3, obras con repercusión social y ambiental alta: 20 $\geq$ ISA < 30
- S4, obras con repercusión social y ambiental muy alta: ISA $\geq$ 30

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

La probabilidad de fallo conjunta, $p_{f,ELU}$, del tramo de obra, frente a los modos de fallo principales adscritos a los Estados Límite Últimos (E.L.U.) no podrá exceder los valores recogidos en la siguiente tabla durante su vida útil:

ISA	< 5	5 - 19	20 - 29	≥ 30
$P_{f,ELU}$	0,20	0,10	0,01	0,0001
β_{ELU}	0,84	1,28	2,32	3,71

Tabla 6.5. Máxima probabilidad conjunta de fallo en la fase de servicio para los E.L.U.

Para este caso se puede considerar un ISA = S1, que se corresponde con una probabilidad de fallo $p_{f,ELU}$ baja (= 0.1).

El período de retorno puede determinarse de la siguiente forma:

$$Tr = - n / \ln(1-pf)$$

Con $p_{f,ELU}$ = 0,10 y n = 25 años, el período de retorno resultante es Tr = 237,28 años.

A la vista de los resultados anteriores, se considera un período de retorno en fase de construcción de 1,4 años y un período de retorno en la fase E.L.U. de 237,28 años.

6.2. OLEAJE

Con objeto de analizar el régimen de oleaje existente frente a la Flecha del Rompido, se ha recurrido a los siguientes registros de oleaje:

- Punto SIMAR (5029023). Datos formados por series temporales de parámetros atmosféricos y oceanográficos procedentes de modelado numérico desde 1958 hasta la actualidad. Punto situado en la coordenada 37,17ºN; 7,08ºW.
- REDCOS. Registros instrumentales recogidos por la Boya de Sevilla (código 1314), situada en la coordenada 36,74ºN; 6,48ºW, a 12 metros de profundidad, en el período 1983-1988, y por la Boya Costera de Cádiz (1320), situada en la coordenada 36,50ºN; 6,33ºW, a 21 metros de profundidad, en el período 1982-1990.

Figura 6.1. Emplazamiento del punto SIMAR y las boyas.

6.2.1. Régimen medio (SIMAR 5029023)

Para el estudio de la agitación, y por tanto, de los regímenes medios, se usarán datos correspondientes al punto SIMAR 5029023 por su cercanía y, por ello, mayor representatividad de las condiciones del litoral objeto de estudio.

El *régimen medio direccional* se define, en términos de altura de la ola, como la función de distribución estadística que define el porcentaje de tiempo que en el año medio la altura de ola no excede de un valor determinado, considerando una muestra compuesta a partir de oleajes que provienen de dicho sector. Los mejores ajustes obtenidos para todos los sectores fueron obtenidos considerando la función de distribución de Weibull triparamétrica para la estima central de la muestra.

Como se observa a continuación, de la información de la direccionalidad del oleaje se concluye que los oleajes más representativos proceden del sector SW (18%), siendo los vientos de poniente los más frecuentes y energéticos.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 5029023
CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia
INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PERIODO : Anual
SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - May. 2017
PORCENTAJE DE CALMAS : 50.86 %

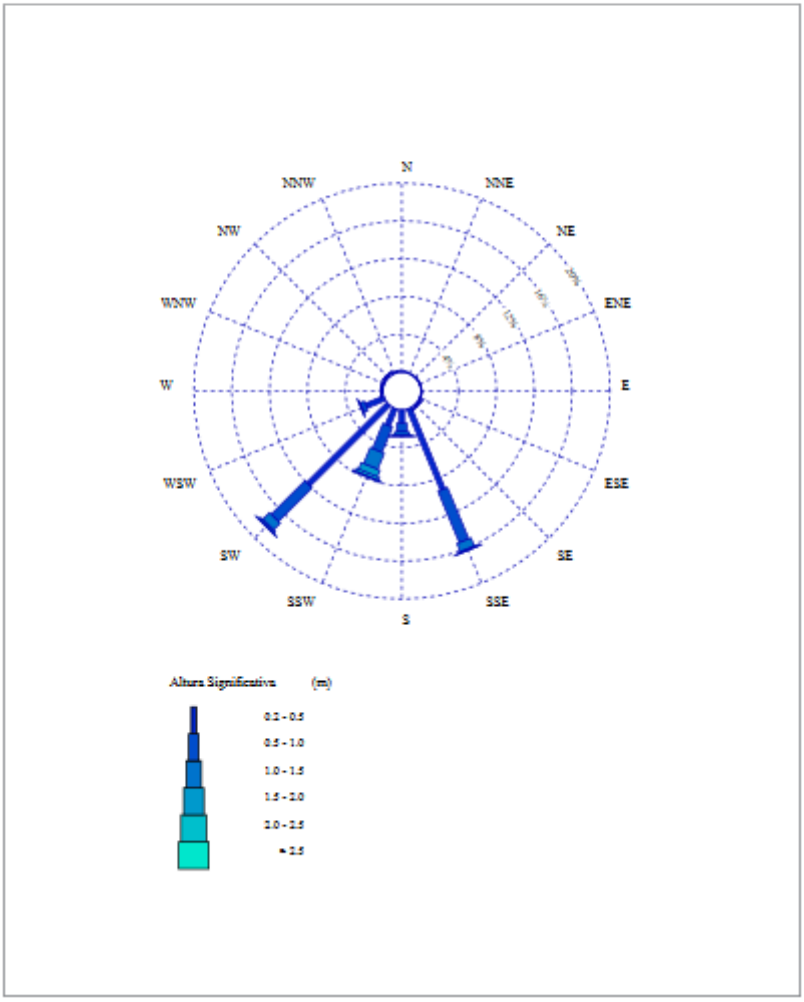
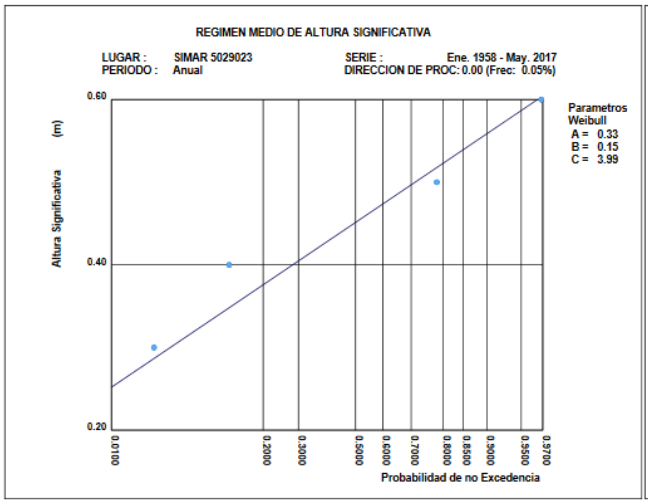


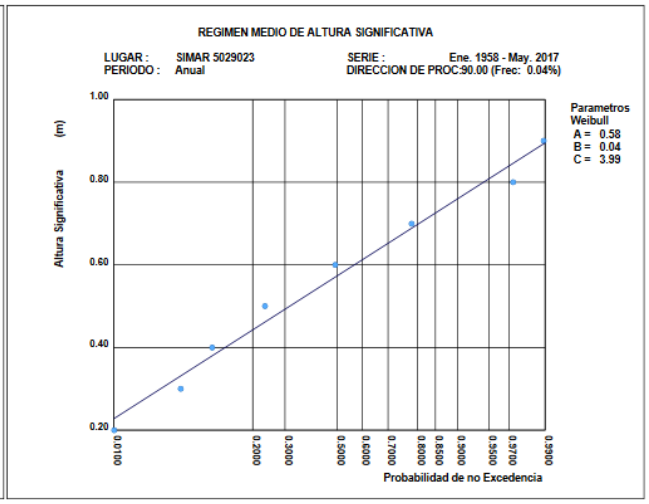
Figura 6.2. Rosa de oleaje del punto SIMAR 5029023.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

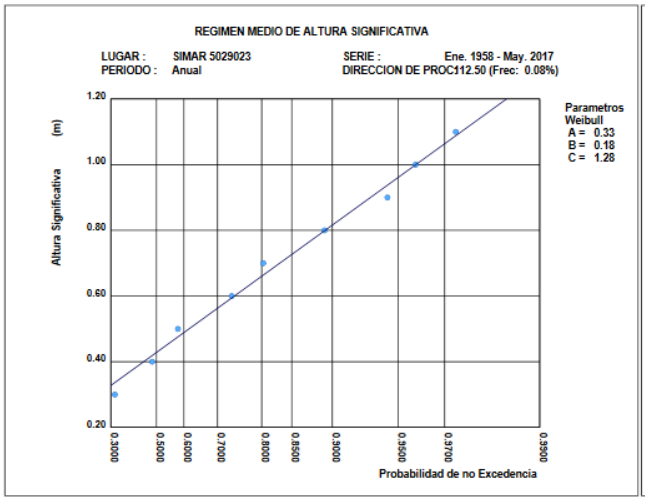
N



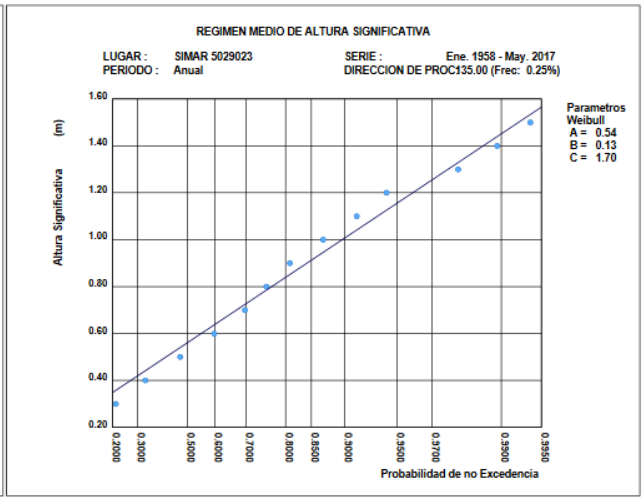
E



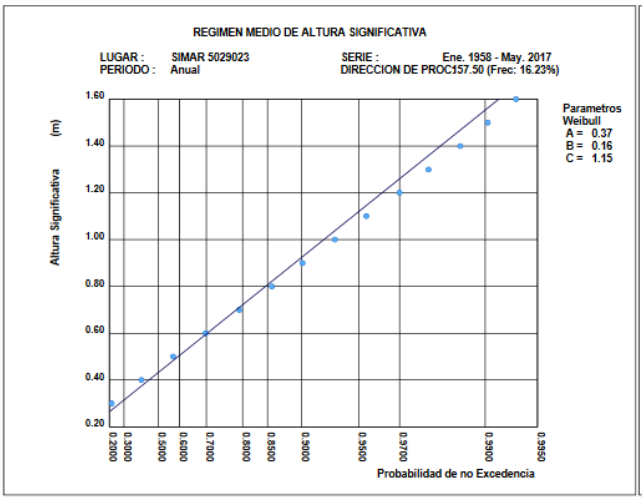
ESE



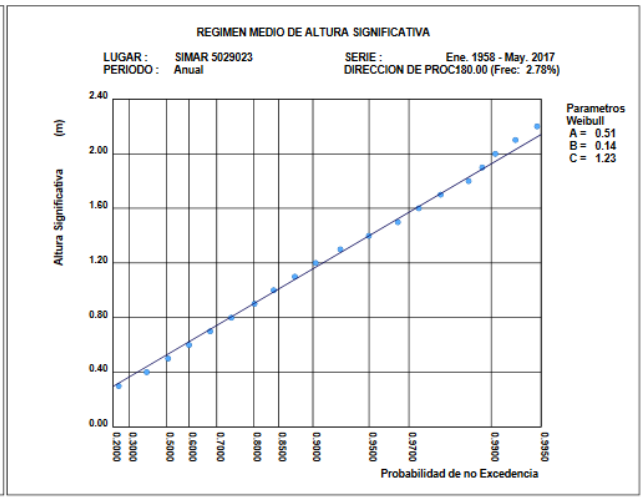
SE



SSE

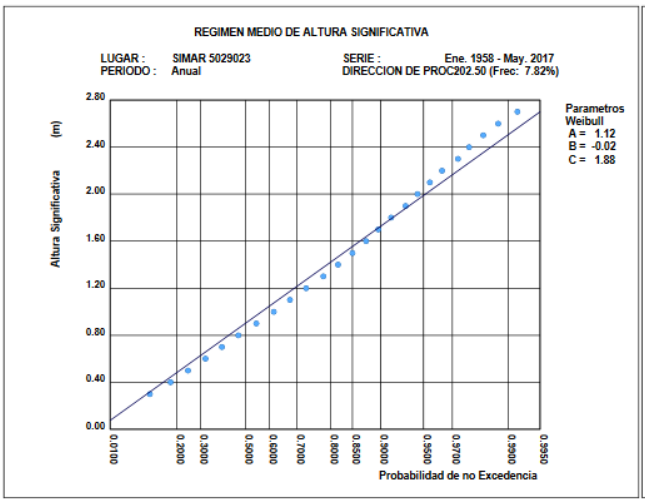


S

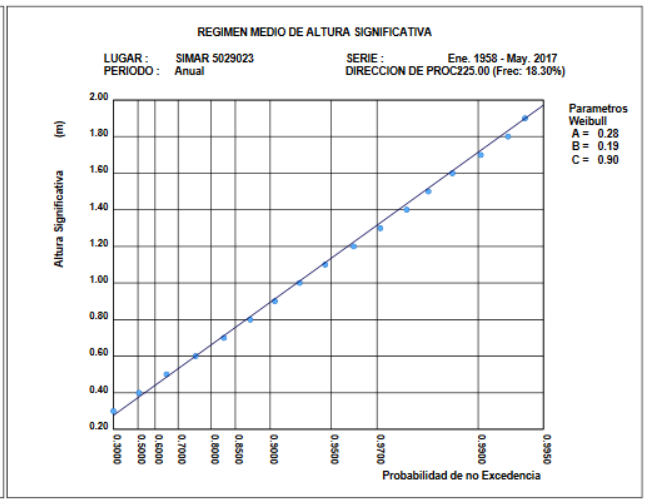


C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

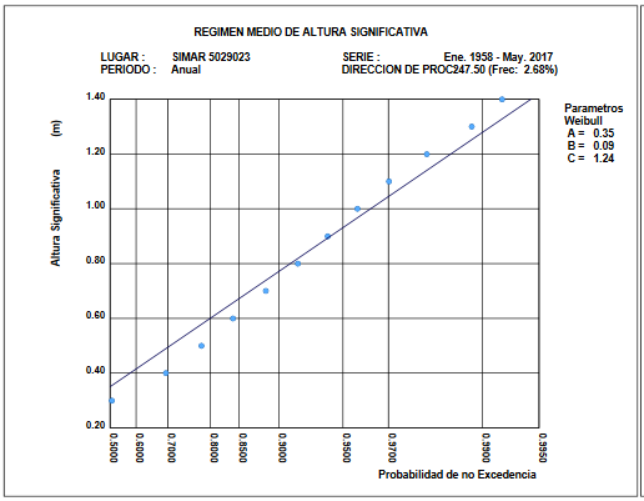
SSW



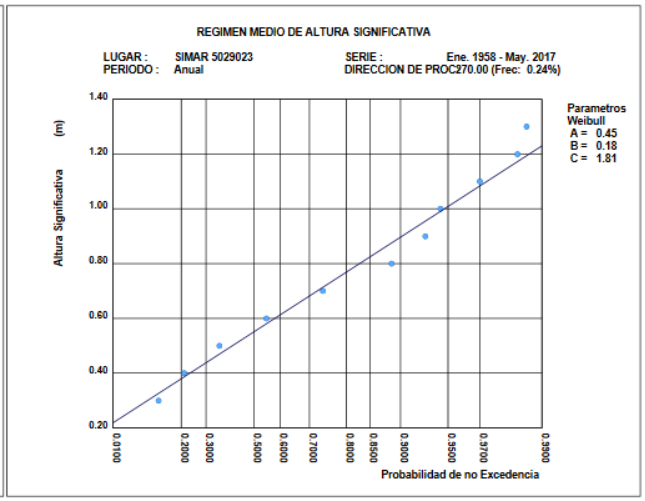
SW



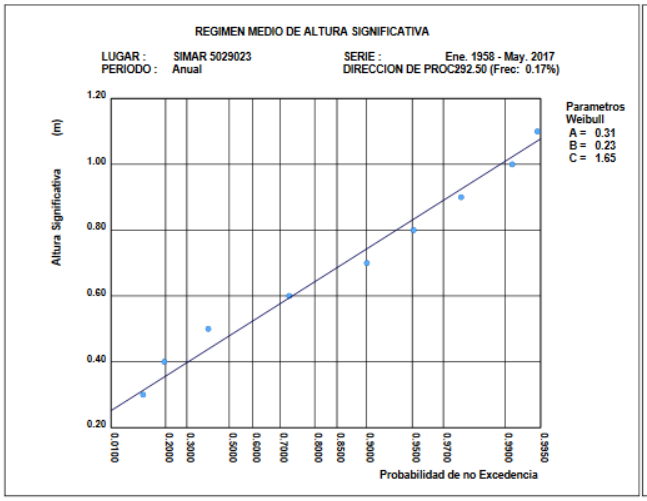
WSW



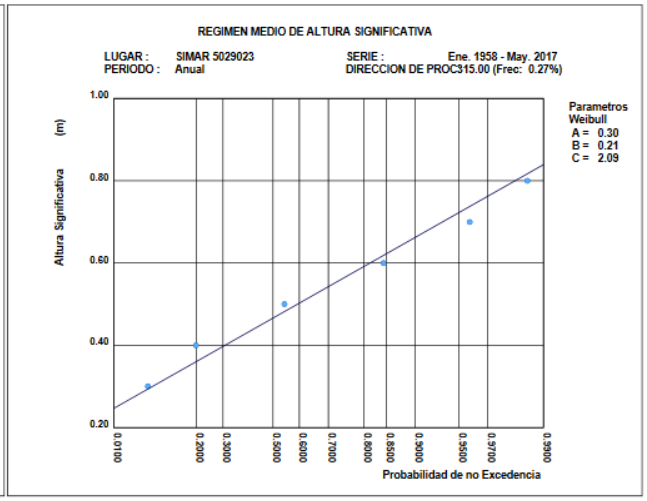
W



WNW



NW



C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

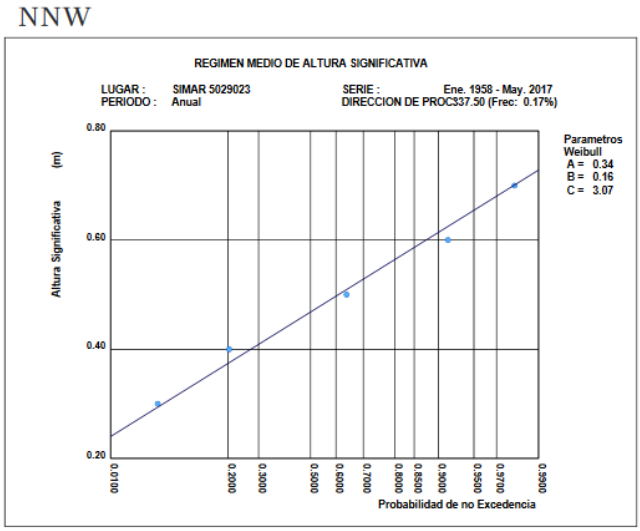


Figura 6.3. Régimen medio anual de H_s por direcciones.

En la figura siguiente se muestra un gráfico con la función de Weibull con los valores anuales de los parámetros A, B y C.

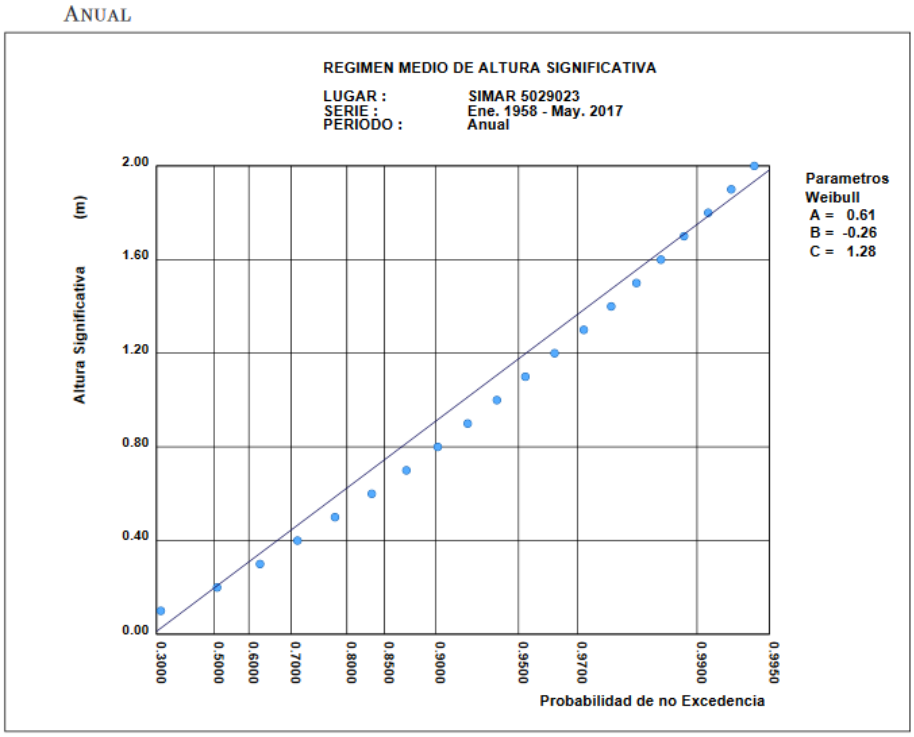


Figura 6.4. Régimen medio anual.

A continuación se presentan los regímenes medios estacionales.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

DICIEMBRE-FEBRERO

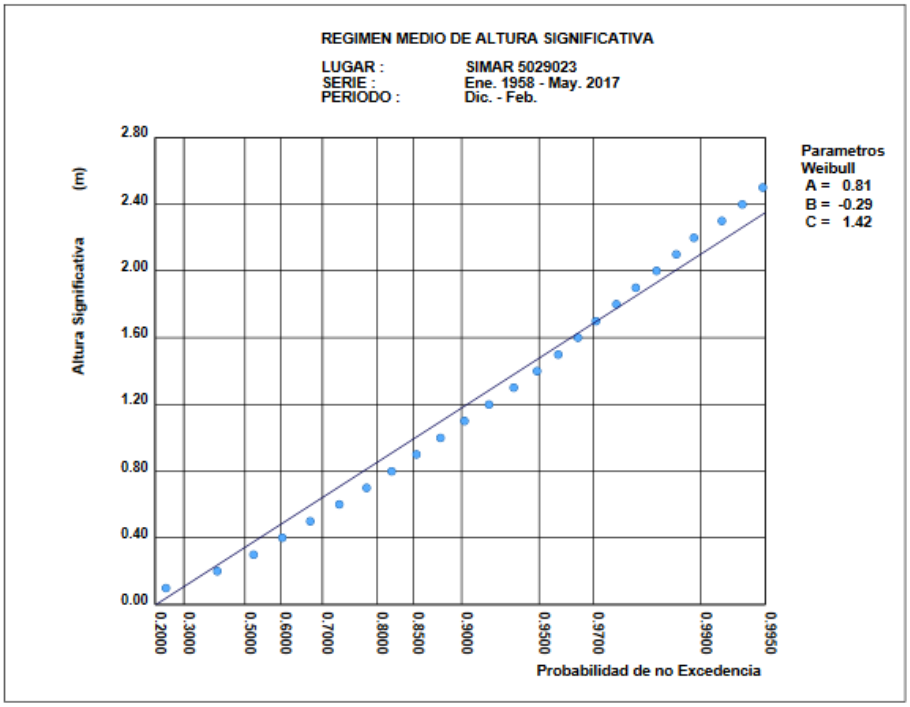


Figura 6.5. Régimen medio estacional. Diciembre-febrero.

MARZO-MAYO

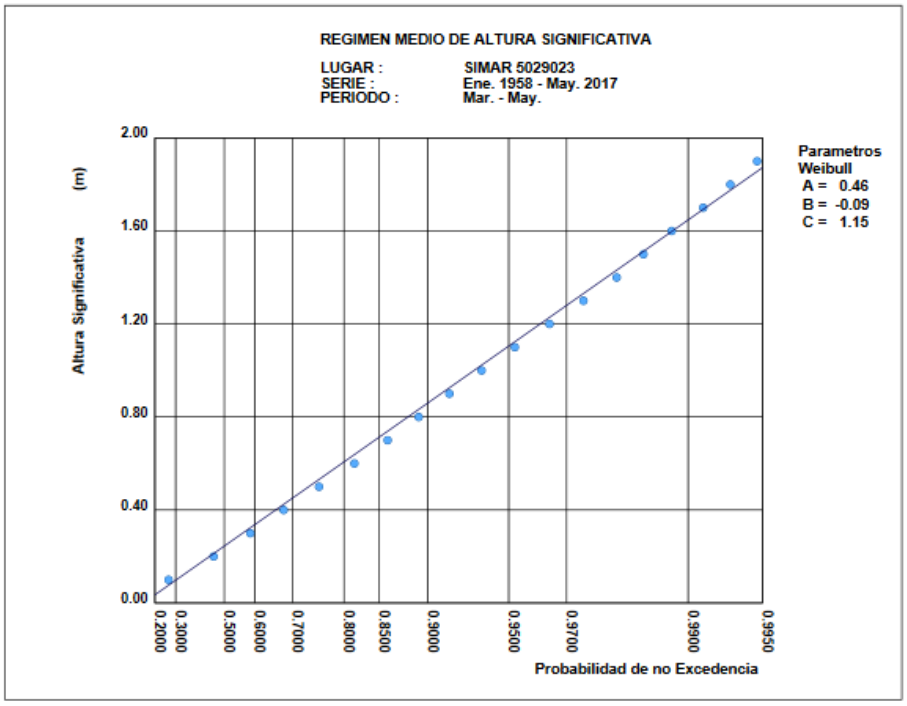


Figura 6.6. Régimen medio estacional. Marzo-mayo.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

JUNIO-AGOSTO

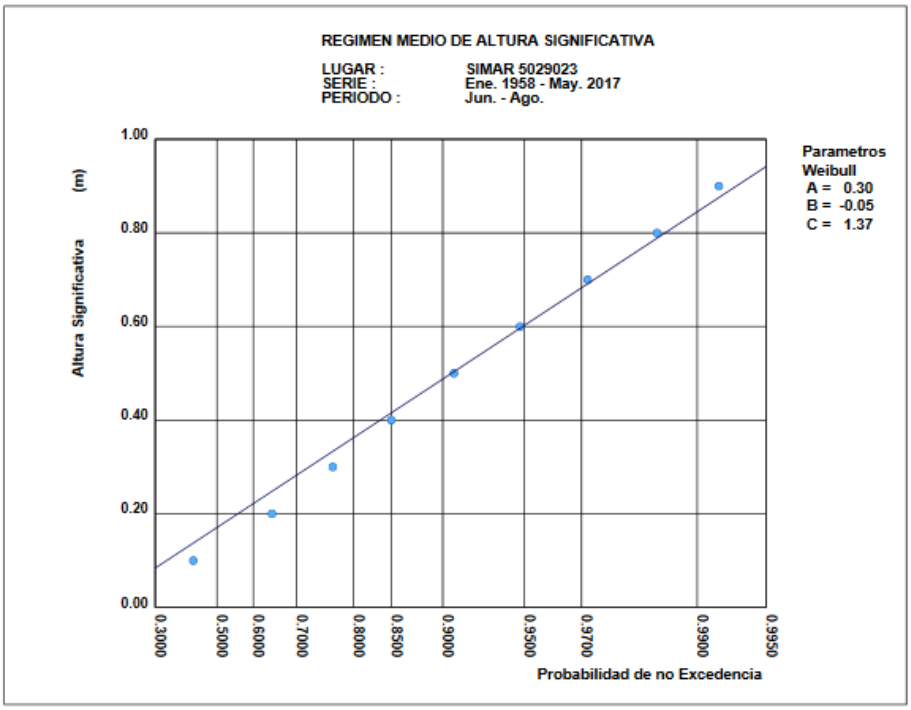


Figura 6.7. Régimen medio estacional. Junio-agosto.

SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE

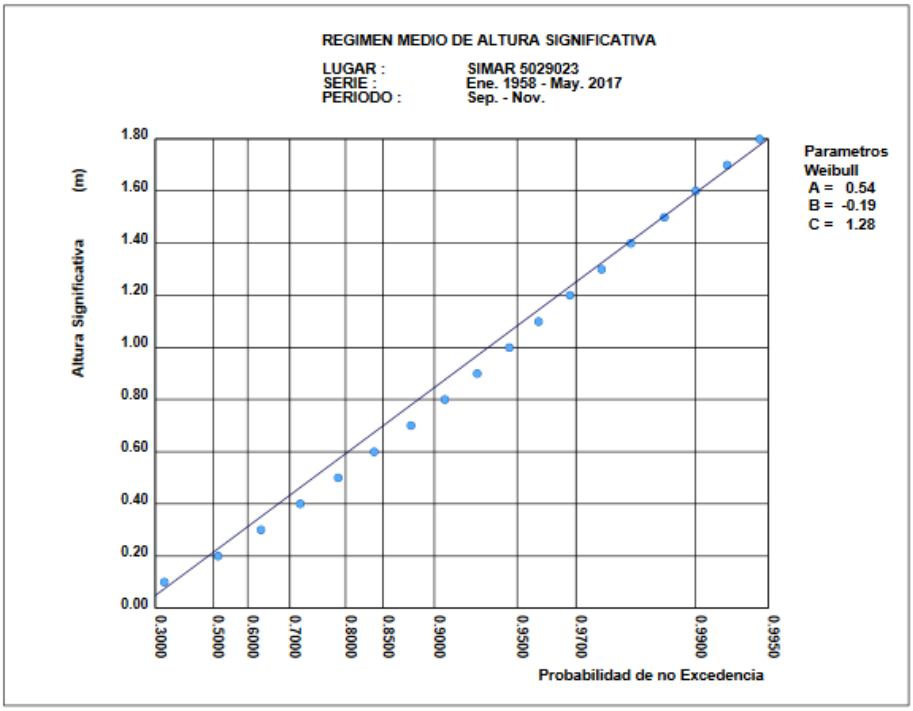


Figura 6.8. Régimen medio estacional. Septiembre-noviembre.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

La función triparamétrica de Weibull se expresa de la siguiente manera:

$$P\ (H_s \geq x) = \exp\ [-((x-B)\ /\ A)^C]$$

Gracias a ella se obtiene la altura significante que solamente es excedida o superada doce horas al año en régimen medio (H_{12}). Del programa Área V de la ROM 0.3-91 se obtiene que dicha altura para el tramo de costa estudiado es, aproximadamente, 4 metros.

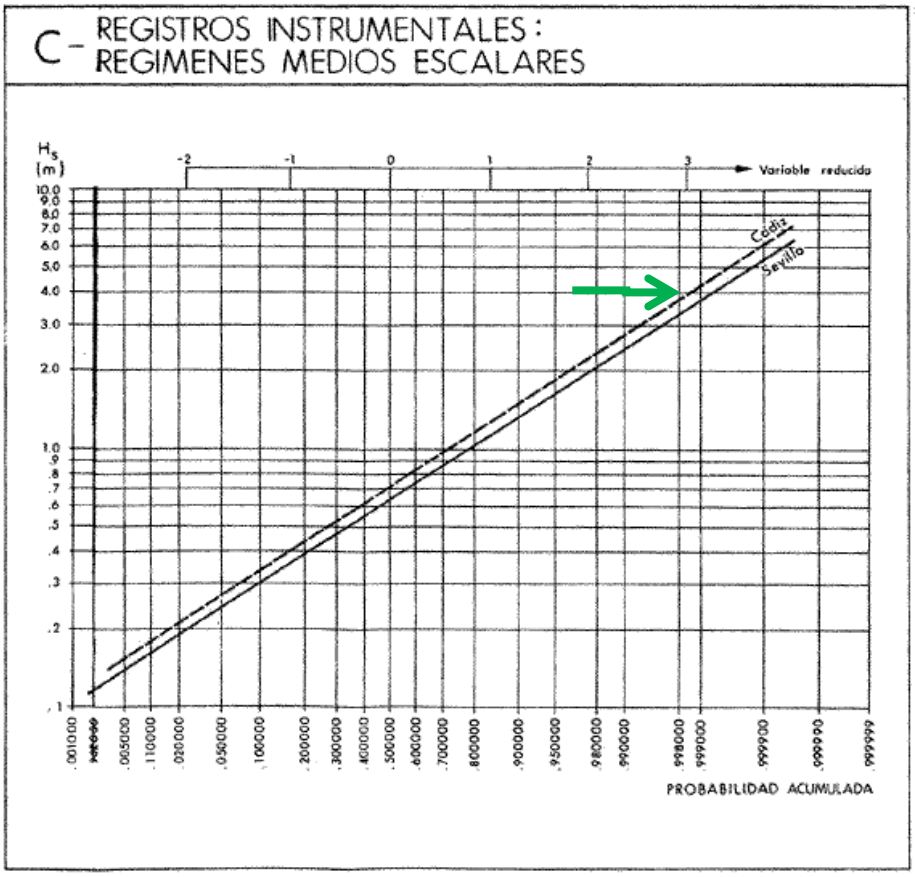


Figura 6.9. Valor de H_{12} en la zona de estudio.

6.2.2. Régimen extremal (Boya de Sevilla y Boya Costera de Cádiz)

Para los análisis de rebasabilidad, tanto en condiciones medias como extremales, se emplean los datos de las boyas de Sevilla y Cádiz.

Se denomina *régimen extremal direccional* a la función de distribución de los valores extremos de una variable determinada. Esta función expresa la probabilidad de que un valor dado no sea superado en un período de tiempo prefijado.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Actualmente, los métodos más utilizados en el análisis extremal del oleaje pueden clasificarse en dos grupos, según la información que manejan:

1. **Método de la distribución inicial**, basado en el análisis de la cola superior del régimen medio, definido a su vez con el conjunto total de datos muestrales. Este método es recomendable cuando la duración del registro disponible es corta, puesto que utiliza toda la información registrada a intervalos regulares durante un período determinado.

2. **Método de los valores extremos**, basado en el análisis de los valores extremos del registro, por ejemplo, temporales. La selección de la muestra puede hacerse por:
    a. **Método de los máximos anuales** (no recomendable cuando la duración del registro es corta).
    b. **Método de los valores de pico o del umbral** (Peak Over Treshold -POT-).

Área IV. Boya de Sevilla

Período de retorno	20 años	50 años	200 años	500 años
H_s (m)	3,9	4,4	6,3	6,7
H_s (90%)	4,5	5,1	8,4	9,0
T_p (s)	7,90	8,39	10,04	10,35

Tabla 6.6. Distribución de Weibull. Boya de Sevilla.

Parámetro de localización, α =0,95

Parámetro de forma, γ = 3,2

Número de excedencias sobre el umbral de $H_s \geq$ 1,50 m, λ = 8,9

Área IV. Boya de Cádiz

Período de retorno	20 años	50 años	200 años	500 años
H_s (m)	6,8	7,5	8,7	9,4
H_s (90%)	8,0	9,0	10,9	11,9
T_p (s)	10,43	10,95	11,80	12,26

Tabla 6.7. Distribución de Weibull. Boya de Cádiz.

Parámetro de localización, α = 0,95

Parámetro de forma, γ = 2,6

Número de excedencias sobre el umbral de $H_s \geq$ 1,50 m, λ = 5,9

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

6.2.3. Coeficientes direccionales y de propagación inversa

Según el criterio de la ROM 0.3-91, para la completa caracterización del oleaje en aguas profundas a partir de la información disponible del litoral español, es necesario transferir a dichas aguas los resultados obtenidos a partir de datos instrumentales, pues éstos han sido registrados generalmente en puntos de medida situados en profundidades reducidas o intermedias y, por tanto, afectados por diferentes procesos de atenuación, transformación y deformación causados fundamentalmente por la batimetría o topografía marina.

Dado el rango de profundidades y los emplazamientos en los que se encuentran fondeadas las boyas analizadas, la influencia del fondo marino en la propagación del oleaje hasta las mismas se considera por medio del análisis de los fenómenos de *refracción* y *shoaling*.

La relación entre el oleaje en alta mar y el oleaje registrado se obtiene mediante estudios de propagación, los cuales permiten conocer las modificaciones de la altura de la ola significante y de la dirección principal de propagación del oleaje desde aguas profundas hasta el lugar del punto de medida considerado.

La altura de la ola significante asociada a un período de retorno en aguas profundas en una dirección determinada, puede obtenerse a partir de los resultados instrumentales disponibles por medio del coeficiente k_R, a través de la siguiente ecuación:

$$H_{s,0} = H_{s,boya} \cdot k_\alpha / k_R$$

Donde $H_{s,0}$ es la altura de la ola en profundidades indefinidas, $H_{s,b}$ es la altura de la ola en la boya, k_α es el coeficiente direccional obtenido de la ROM 0.3-91, y k_{R0} es el coeficiente de refracción-shoaling correspondiente a propagaciones de oleajes desde aguas profundas hasta el emplazamiento de los puntos de medida analizados, también obtenido de la ROM 0.3/91.

		W	WSW	SW
Sevilla	k_α	1,00	0,95	0.95
	$K_{RT = 13s}$	0,97	0,88	1,26
		W	**WSW**	**SW**
Cádiz	k_α	1,00	0,95	0,95
	$K_{RT = 13s}$	0,81	0,99	0,92

6.2.4. Estados del mar en profundidades indefinidas

A partir de los datos anteriores, se deduce que las alturas de ola en profundidades indefinidas más representativas se dan para las direcciones W, WSW y SW.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Para la Fase de Construcción:

Tr = 1,4 años	Dirección	$H_{s,boya}$	T_p	T_s	k_α	k_R	$H_{s,0}$
Sevilla	W	2,12	7,11	5,69	1,00	0,96	2,21
	WSW	2,12	7,11	5,69	0,95	0,97	2,08
	SW	2,12	7,11	5,69	0,95	1,10	1,83
Cádiz	W	4,30	10,67	8,54	1,00	0,81	5,31
	WSW	4,30	10,67	8,54	0,95	0,99	4,13
	SW	4,30	10,67	8,54	0,95	0,92	4,44

Para la Fase E.L.U.:

Tr = 237,28 años	Dirección	$H_{s,boya}$	T_p	T_s	k_α	k_R	$H_{s,0}$
Sevilla	W	6,30	13,80	11,04	1,00	0,96	6,56
	WSW	6,30	13,80	11,04	0,95	0,97	6,17
	SW	6,30	13,80	11,04	0,95	1,10	5,44
Cádiz	W	8,80	16,32	13,06	1,00	0,81	10,86
	WSW	8,80	16,32	13,06	0,95	0,99	8,44
	SW	8,80	16,32	13,06	0,95	0,92	9,09

Tabla 6.8. Alturas de ola en profundidades indefinidas para distintas direcciones.

Puede comprobarse que la ola de mayor altura que podría darse en profundidades indefinidas corresponde a la dirección W, y su valor sería de 10,86 metros.

6.3. OTRAS VARIABLES CLIMÁTICAS

6.3.1. Viento

Para la caracterización del viento se dispone de la información proporcionada por:

- Boya del Golfo de Cádiz (régimen medio).
- ROM 0.4-95 (régimen extremal).

Para la caracterización del régimen medio del viento se va a utilizar los datos correspondientes a la Boya del Golfo de Cádiz, dependiente de Puertos del Estado. Se ha elegido esta fuente de información por la mayor fiabilidad y representatividad de los datos.

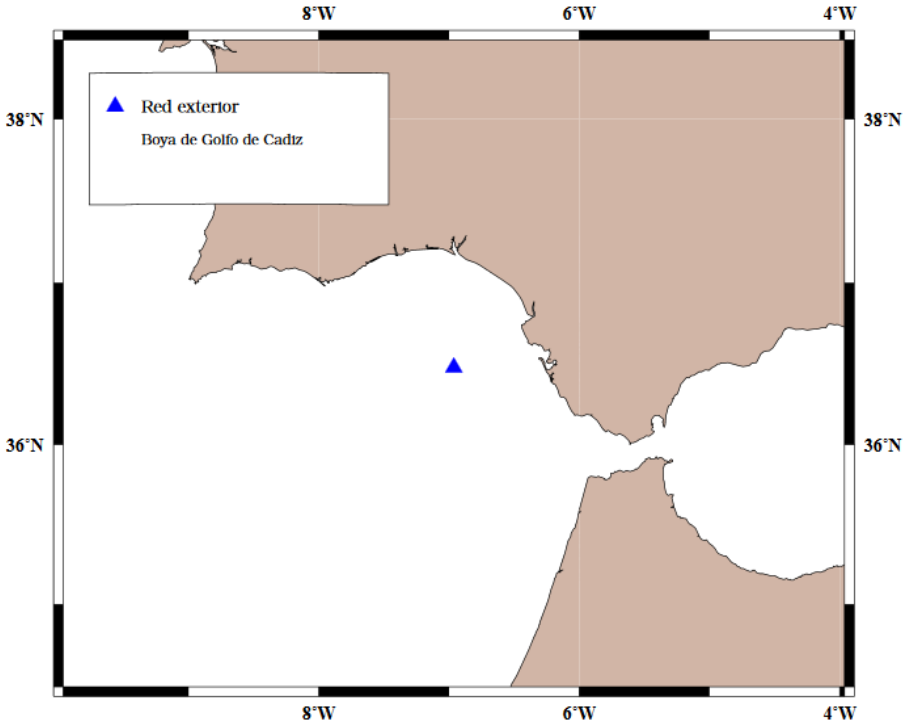


Figura 6.10. Emplazamiento de la Boya del Golfo de Cádiz.

Código	2342
Latitud	36.48º N
Longitud	6.96º E
Medidas	Agosto 1996 – Noviembre 2018
Cadencia	1 hora
Modelo	SeaWatch
Conjunto de datos	REDEXT

Tabla 6.9. Características de la Boya del Golfo de Cádiz.

El viento constituye un elemento muy importante en la zona, tanto en la parte terrestre como en la marítima. En la mayoría de los días a lo largo del año soplan vientos fuertes, bien del W o del NNWW; aproximadamente en el 90,96% de los días soplan vientos transversales (este-oeste) que pueden alcanzar velocidades medias mayores a 12 m/s, mientras que en el 9,04% restante los vientos son variables o calmas (Figura 6.11).

Los vientos del E proceden del Mediterráneo, y son más cálidos y secos. A estos vientos se les denomina como *levante* y su dominio suele coincidir con el desarrollo de una depresión térmica superficial sobre el NW de Marruecos, con la aparición de un área depresiva en superficie sobre el Golfo de Cádiz, o con condiciones anticiclónicas sobre el Mediterráneo Occidental.

Por su parte, los vientos del W corresponden a la influencia atlántica, es decir, al régimen atmosférico general de Europa Occidental. Son más abundantes en primavera, y por regla general dan lugar a lluvias. A estos vientos se les llama *poniente*, y

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

están asociados a situaciones sinópticas que presentan áreas de altas presiones al W de la Península Ibérica. La posición del núcleo anticiclónico relativo determinará las direcciones de los vientos.

Durante los meses de invierno es más frecuente la circulación atmosférica en sentido meridional que zonal, por lo que aparecen con más frecuencia vientos fríos y secos del N y NW, denominados *mistrales*, y vientos del S cálidos y secos.

ROSA DE VELOCIDAD MEDIA

LUGAR : Boya de Golfo de Cadiz
CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia
INTERVALO DE CALMAS : 0 - 1.0

PERIODO : Anual
SERIE ANALIZADA : Ago. 1996 - Mar. 2017
PORCENTAJE DE CALMAS : 9.04 %

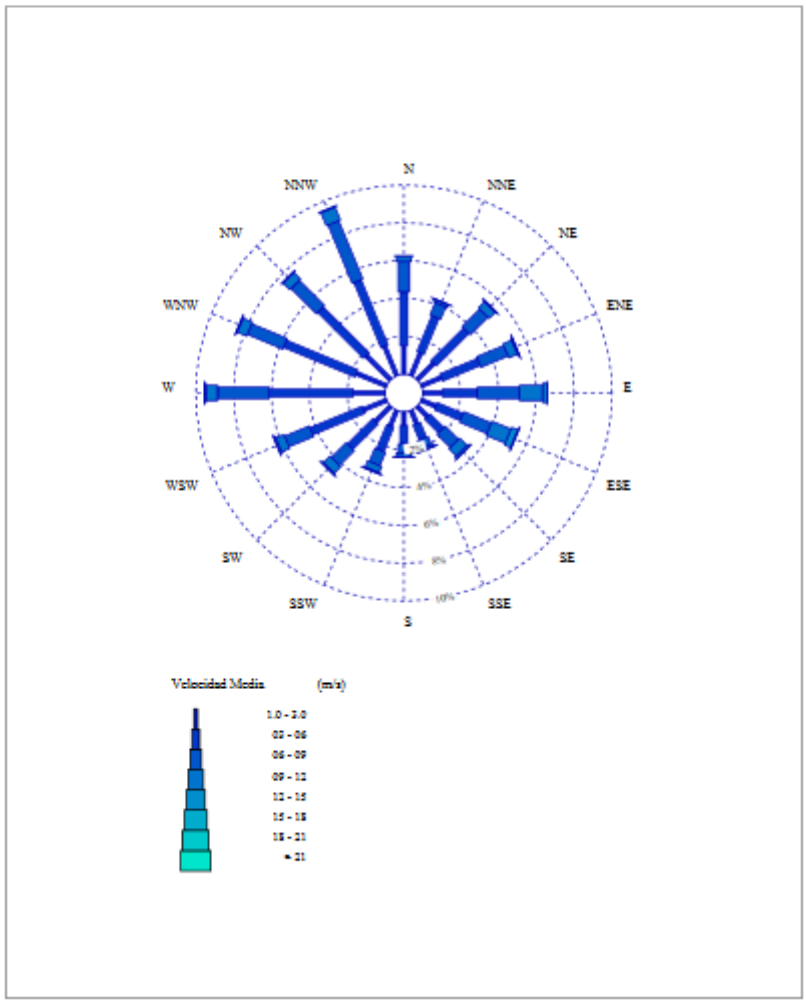


Figura6.11. Distribución sectorial. Rosa de vientos medios de la Boya del Golfo de Cádiz.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

A partir de esta fuente se han obtenido las características principales del viento en el punto de medida, que se presentan a continuación.

- **Régimen medio**

  - **Rosa de velocidad media anual**

ROSA DE VELOCIDAD MEDIA

LUGAR : Boya de Golfo de Cadiz	PERIODO : Anual
CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia	SERIE ANALIZADA : Ago. 1996 - Mar. 2017
INTERVALO DE CALMAS : 0 - 1.0	PORCENTAJE DE CALMAS : 9.04 %

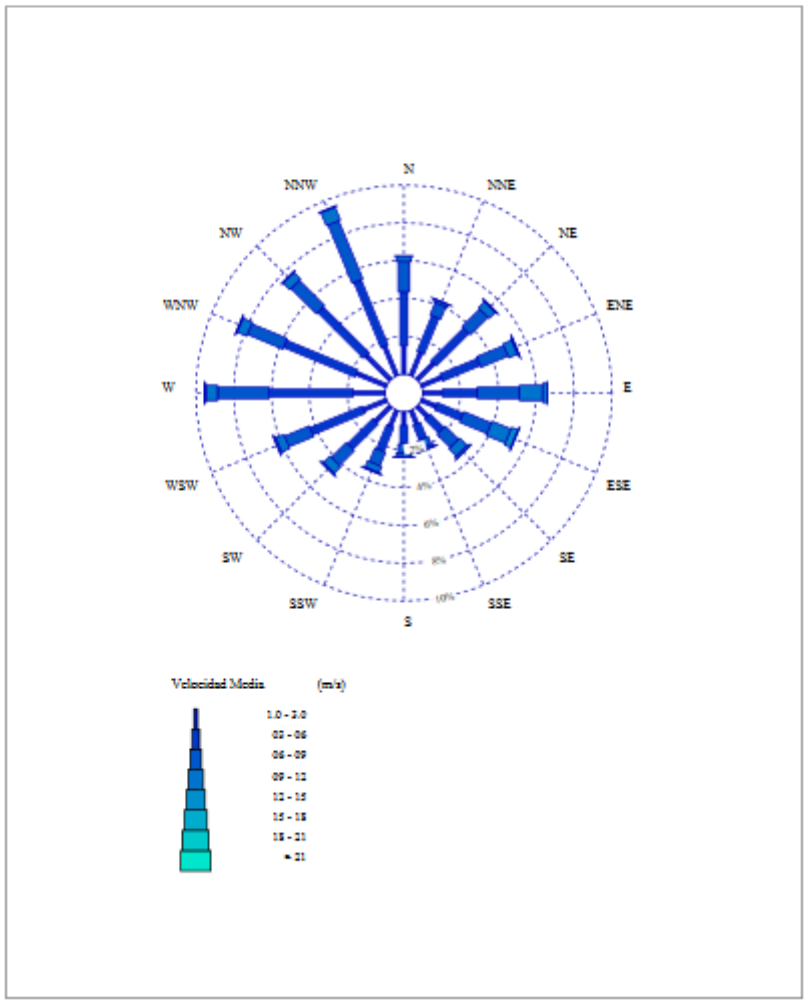


Figura 6.12. Rosa de velocidad media anual de la Boya del Golfo de Cádiz.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- **Tablas Velocidad media anual - Dirección**

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE DIRECCIÓN Y VELOCIDAD MEDIA

LUGAR : Boya de Golfo de Cadiz
CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia
PERIODO : Anual
SERIE ANALIZADA : Ago. 1996 - Mar. 2017

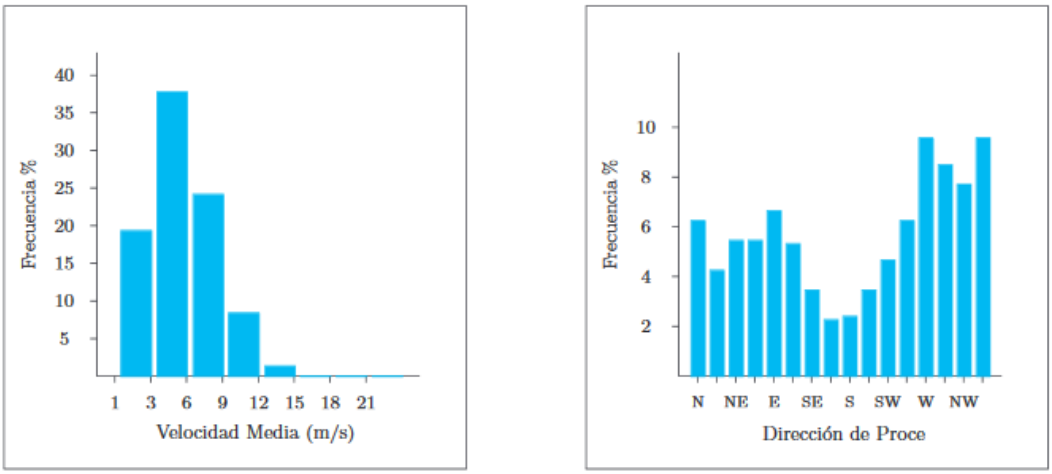


Figura 6.13. Distribución conjunta de dirección y velocidad media.

Tabla Velocidad Media (Ve) - Dirección de Procedencia en %

Dirección		Ve (m/s)									Total
		≤ 1.0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	> 21.0	
CALMAS		9.043									9.043
N	0.0		1.509	2.841	1.604	.280	.019	-	-	-	6.254
NNE	22.5		1.287	2.074	.698	.143	.019	.002	-	-	4.223
NE	45.0		1.226	2.434	1.326	.442	.055	.006	-	-	5.489
ENE	67.5		1.136	2.152	1.555	.491	.063	.004	.002	-	5.403
E	90.0		1.045	1.844	2.227	1.229	.213	.015	-	-	6.573
ESE	112.5		.835	1.479	1.566	1.089	.339	.044	.004	-	5.355
SE	135.0		.763	1.024	.993	.542	.112	.013	-	-	3.448
SSE	157.5		.756	.853	.453	.129	.019	.004	-	-	2.213
S	180.0		.737	.971	.461	.188	.036	.006	-	-	2.398
SSW	202.5		.900	1.374	.776	.350	.059	.002	-	-	3.462
SW	225.0		1.119	1.892	1.108	.485	.074	.004	-	-	4.682
WSW	247.5		1.309	2.986	1.406	.462	.099	.002	-	-	6.265
W	270.0		1.673	4.450	2.725	.619	.078	.010	-	-	9.554
WNW	292.5		1.715	4.090	2.029	.539	.053	.002	-	-	8.427
NW	315.0		1.798	3.439	1.892	.495	.049	-	-	-	7.673
NNW	337.5		1.680	3.730	3.336	.738	.051	-	-	-	9.537
Total		9.043	19.488	37.633	24.157	8.222	1.340	.112	.006	-	100 %

Tabla 6.10. Velocidad media (Ve) – Dirección de procedencia en %.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- Régimen medio de velocidad media anual

ANUAL

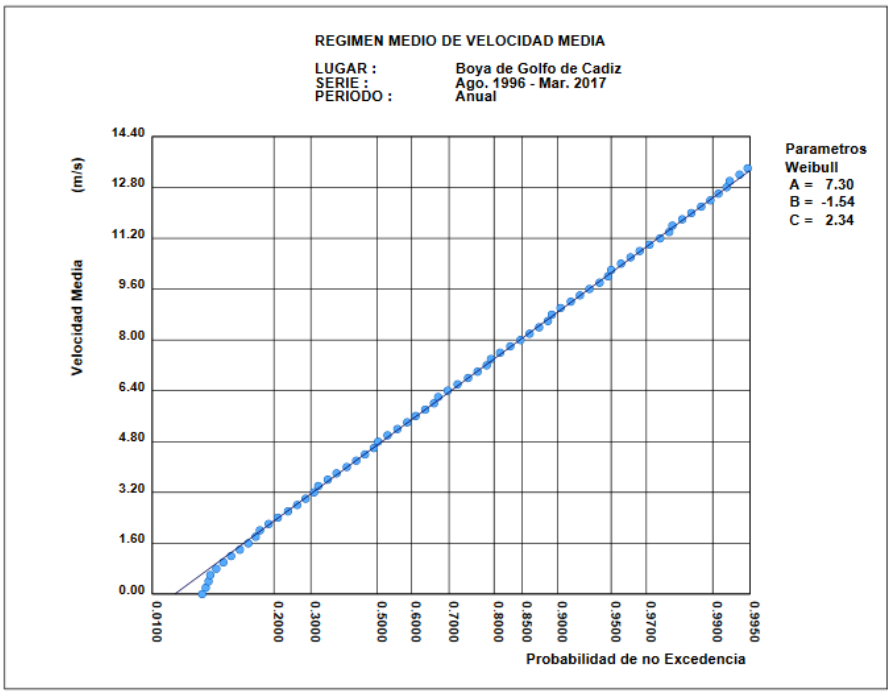
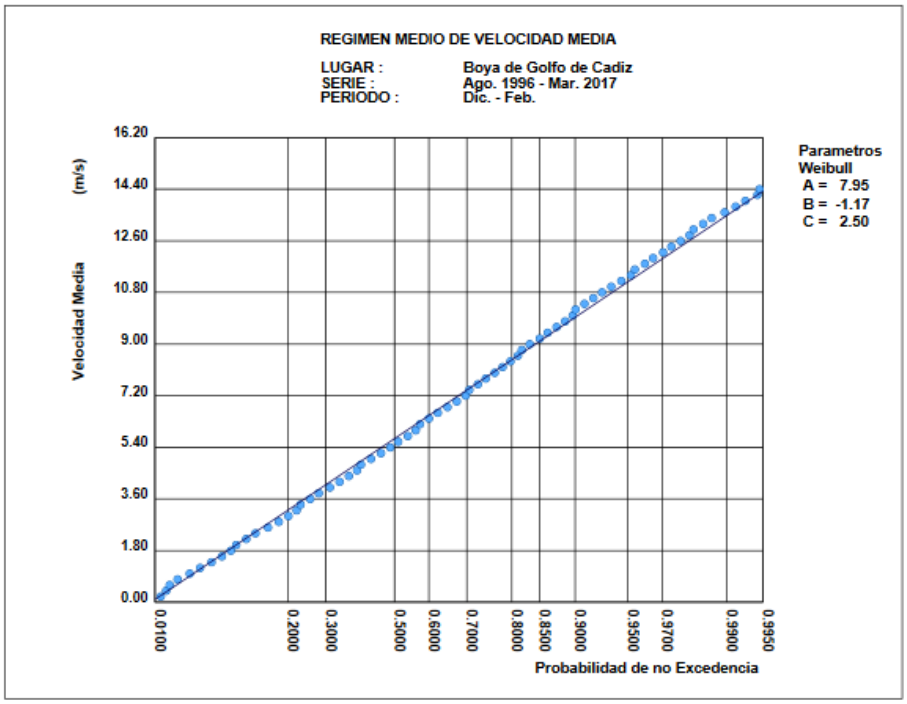


Figura 6.14. Régimen medio de V_{med} anual.

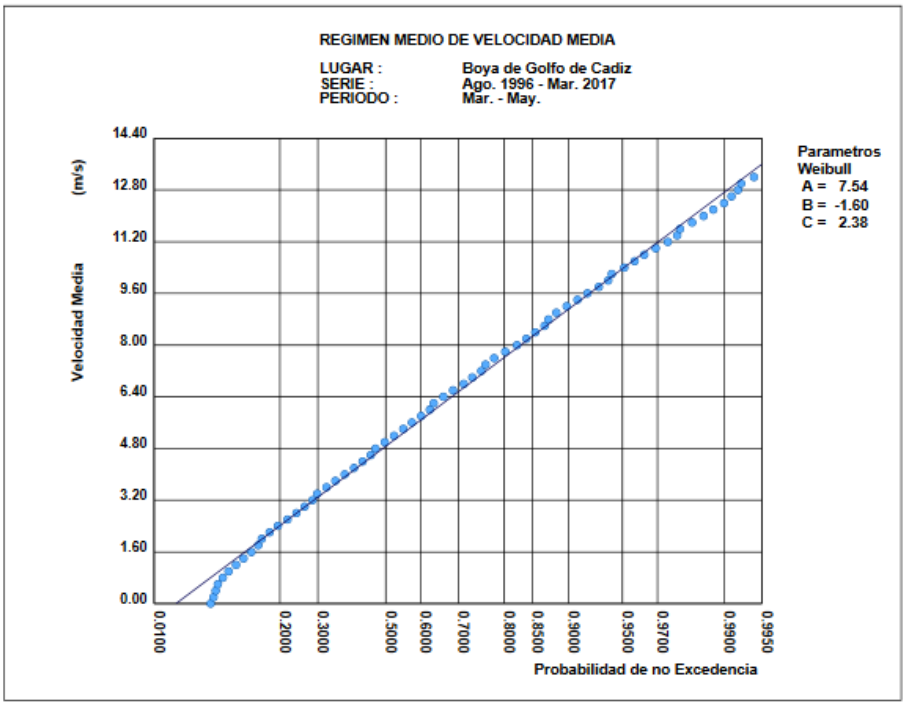
- Régimen medio de velocidad media estacional

DICIEMBRE-FEBRERO

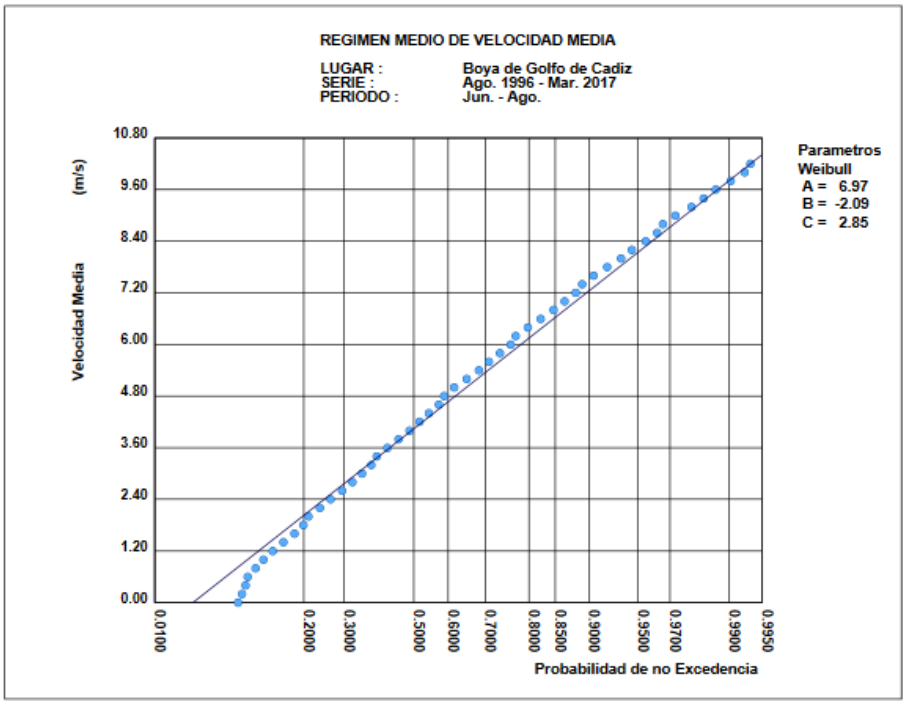


C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Marzo-Mayo



Junio-Agosto



SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE

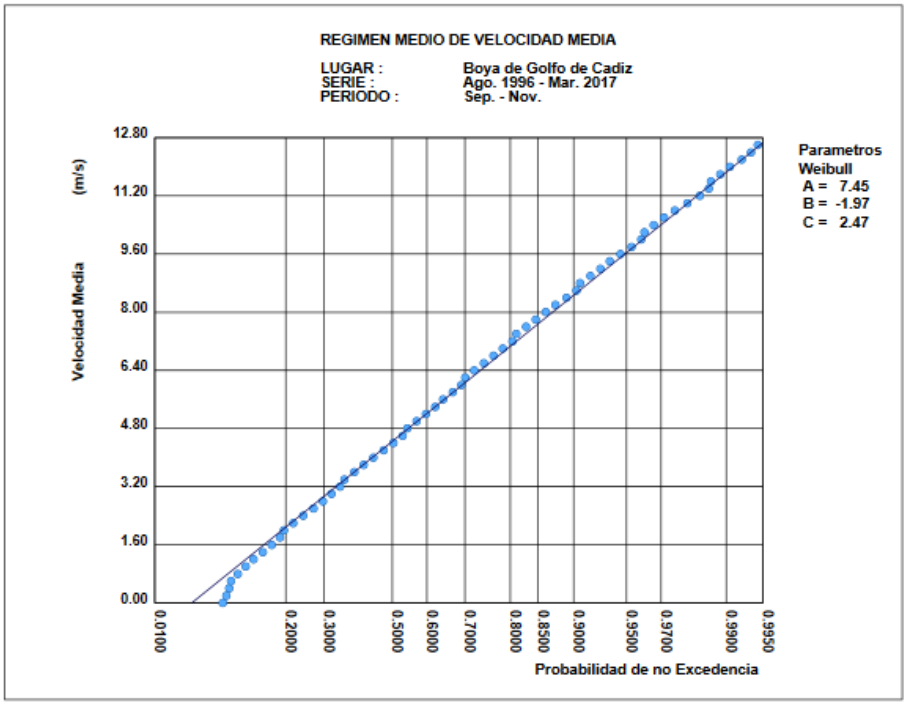


Figura 6.15. Régimen medio de V_{med} estacional.

- **Régimen extremal**

Puesto que la extensión de los instrumentos de medida disponibles resulta insuficiente para el estudio del viento extremal, se ha recurrido al régimen extremal del viento, tanto escalar como direccional, de la ROM 0.4-95 (Acciones climáticas II. Viento). La ROM 04.95 contiene información del viento en Huelva, extraída de estaciones de medida con un período de registro de cuatro años (1975-1979) y de observaciones realizadas desde barcos en ruta, cuyo período de medida se extiende desde 1885 hasta 1985, por lo que el uso de esta información para el estudio de viento extremal resulta más adecuado.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- **Régimen extremal escalar**

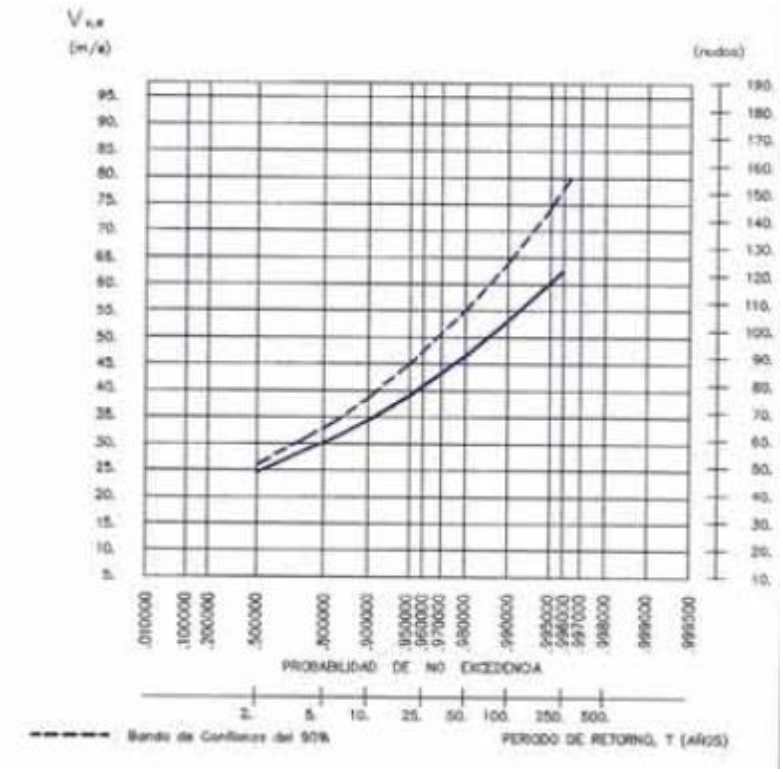


Figura 6.16. Régimen extremal escalar obtenido a partir de observaciones desde buques en ruta.

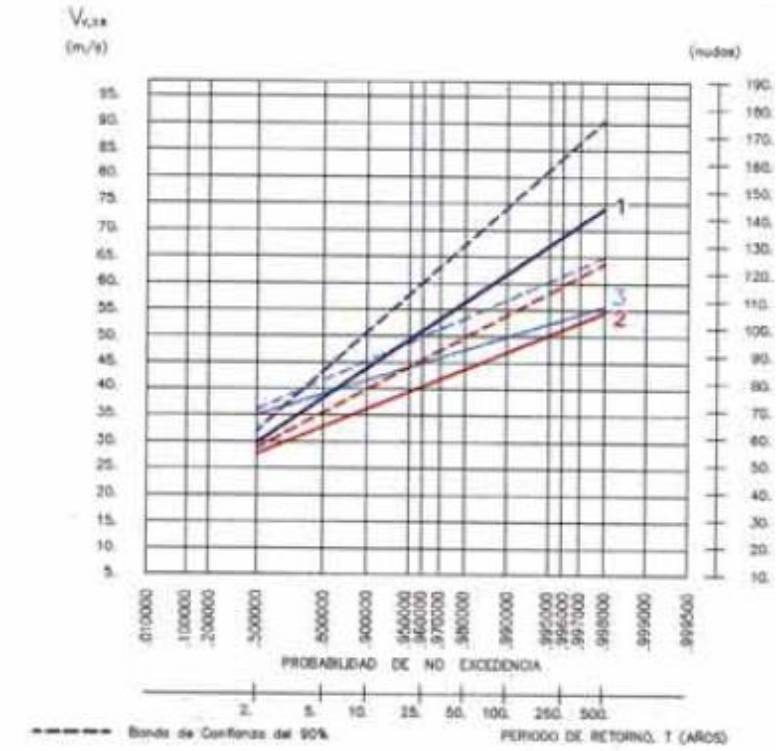


Figura 6.17. Régimen extremal escalar obtenido a partir del registro de observaciones costeras.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- **Régimen extremal direccional**

El régimen extremal direccional del viento se obtiene a partir de observaciones realizadas desde buques en ruta, y puede ser consultado en la ROM 0.4-95 (Área IV).

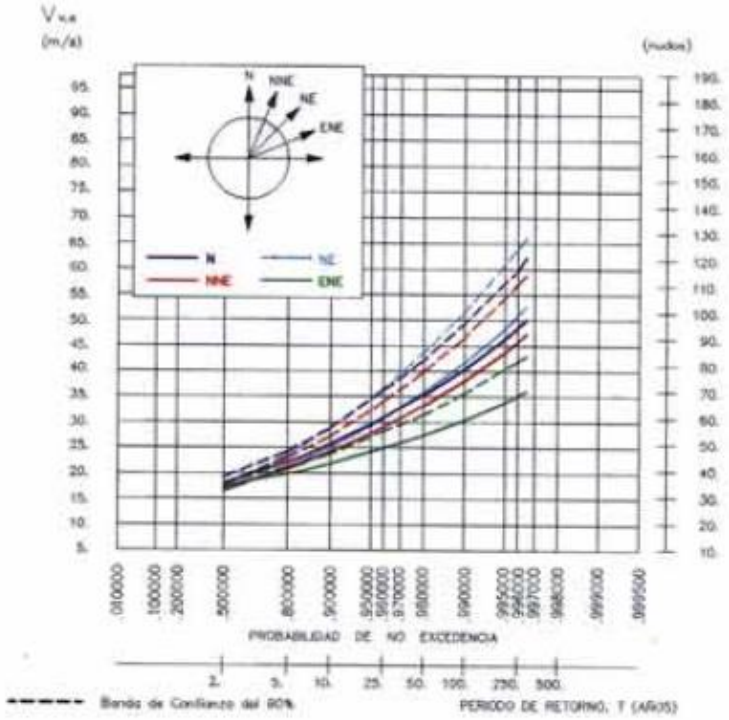


Figura 6.18. Régimen extremal direccional. 1er cuadrante.

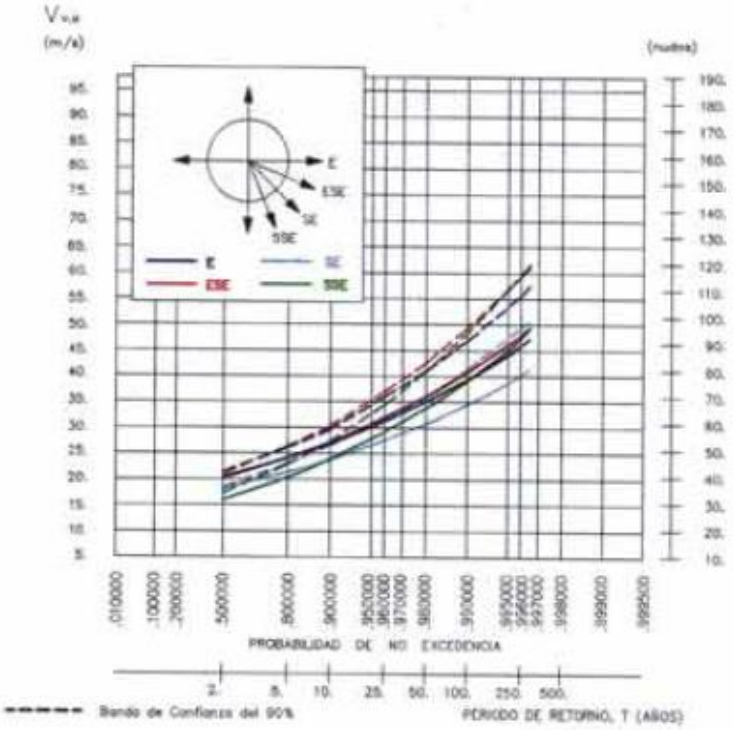


Figura 6.19. Régimen extremal direccional. 2º cuadrante.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

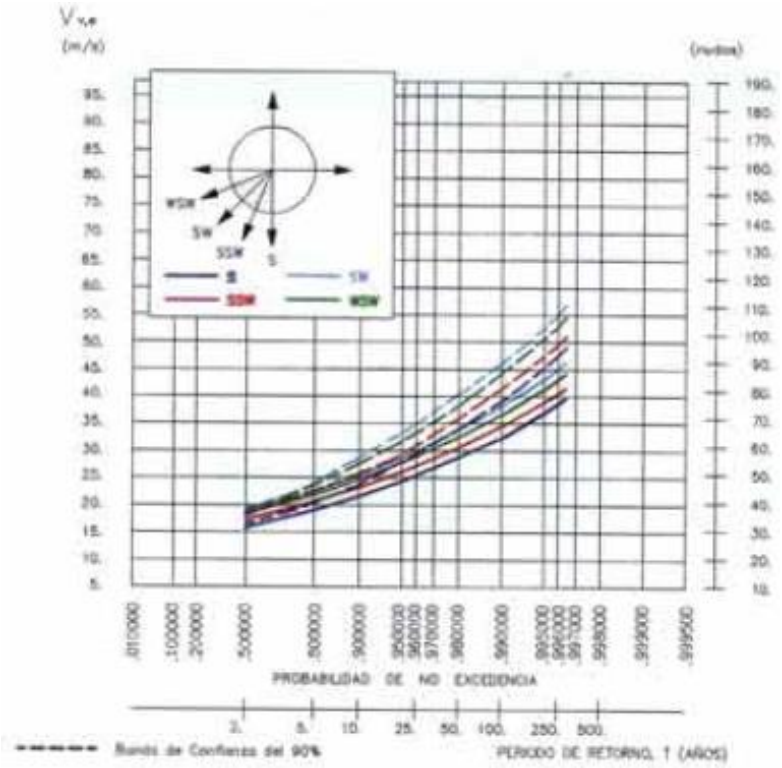


Figura 6.20. Régimen extremal direccional. 3er cuadrante.

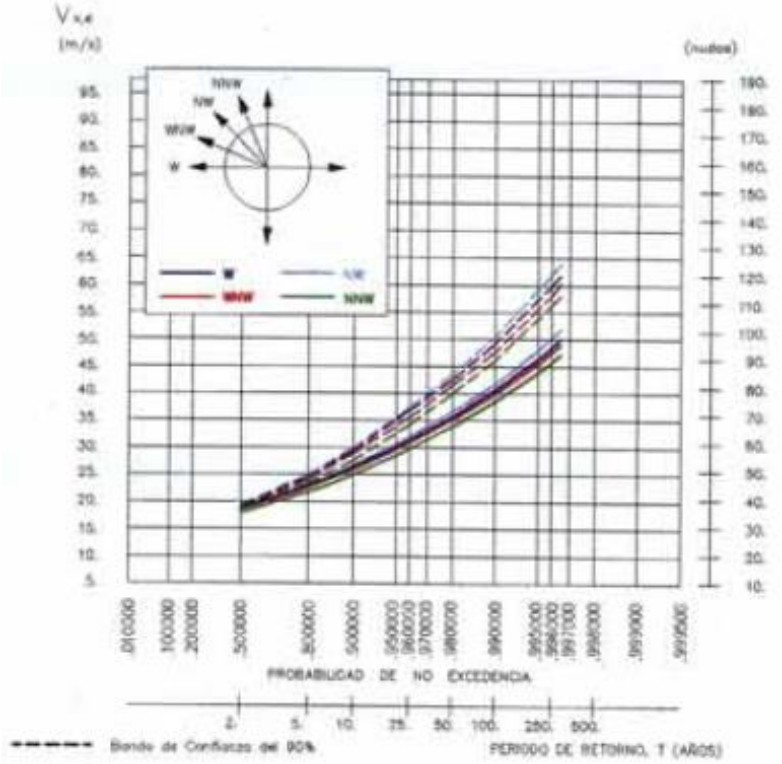


Figura 6.21. Régimen extremal direccional. 4º cuadrante.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

6.3.2. Marea

- **Nivel del Mar**

Los factores de variación del nivel de la marea son la marea astronómica y la marea meteorológica:

$$S_{NM}(t) = S_{MA}(t) + S_{MM}(t)$$

Donde S_{NM} es el nivel de la marea, S_{MA} es la sobreelevación debida a la marea astronómica y S_{MM} es la sobreelevación debida a la marea meteorológica.

Las instalaciones de las que se pueden extraer datos para el análisis del nivel de marea debido a estas dos contribuciones son las siguientes:

- Registros de la Boya de Cádiz, perteneciente a la red REMRO.
- Registros del mareógrafo de Huelva, perteneciente a la red REDMAR.

Para el presente estudio se va a utilizar la información recogida en el *Atlas de Inundación en el Litoral Peninsular Español*, publicado por la Universidad de Cantabria y la Dirección General de Costas, y en el que se incluye la información correspondiente a los elementos citados.

Figura 6.22. Localización de las estaciones de medida en el Atlas de Inundación del Litoral Peninsular Español.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

INFORMACIÓN ANALIZADA			
MAREA ASTRONÓMICA		OLEAJE	
Mareógrafo	Huelva	Boya	Cádiz
Situación	37º08'34" N 06º51'35" W	Situación	36º30'20"N 06º20'10"W
		Profundidad	22 m
Período medida	1992 / 1995	Período medida	1992 / 1997
MAREA METEOROLÓGICA		OBSERVACIONES VISUALES	
Residuo Nivel del Mar del Mareógrafo de Huelva		Cuadrícula: 35ºN - 37.1ºN 5.6ºW - 10ºW Período medida: 1950-1985	

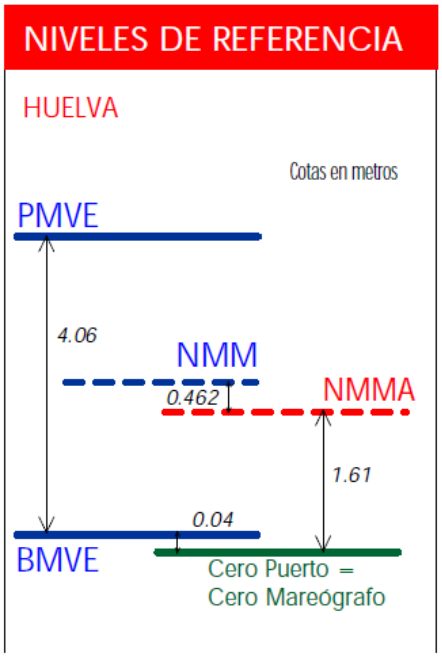


Figura 6.23. Características de las estaciones de medida de la zona IVa y sistema de referencia.

Como puede observarse en los niveles de referencia, la amplitud máxima de la onda de marea en las inmediaciones de la zona de estudio es de 1,61 metros, lo que equivale a una carrera máxima de marea de 4,06 metros. Este valor (4 m) es el recomendado por la ROM 0.2-90 a efectos de cálculo del proyecto.

La serie temporal representada en la Figura 6.24, obtenida del mareógrafo de Huelva, puede considerarse representativa de las oscilaciones de niveles del mar en la zona de estudio:

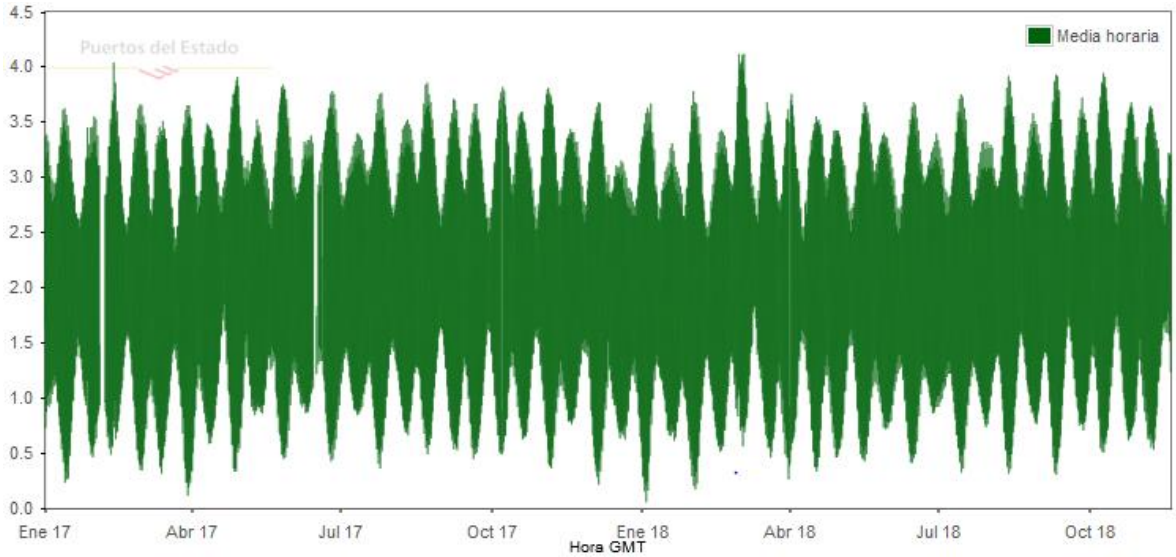


Figura 6.24. Serie temporal del mareógrafo de Huelva.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Armónico	Amplitud (cm)	Fase (º)
M2	104,27	56.93
S2	37,39	83.70
N2	22,16	41,04
K2	10,63	81,67
K1	6,60	48,95
SSA	6,51	90,40
O1	5,96	311,45
NU2	4,12	45,74
MU2	4,06	20,95

Tabla 6.11. Armónicos de Marea calculados sobre el periodo 1997- 2015. Mareógrafo de Huelva.

En la figura anterior se aprecia la evidencia del absoluto predominio de las oscilaciones con frecuencia de marea semidiurna y un amplio ciclo mareas vivas – mareas muertas.

Por tanto, puede concluirse que las características de la marea vertical en la zona de estudio presentan un carácter semidiurno con un claro predominio de la constituyente lunar principal, M2, y con la solar principal, S2, como segunda en importancia. En la tabla anterior se presentan las constantes armónicas (amplitudes y fases) de las principales componentes en el mareógrafo de Huelva.

A continuación se presenta la información proporcionada por el Atlas de Inundación del Litoral relativa a los regímenes medio y extremal del nivel de marea.

- **Régimen medio del nivel de marea**

En la siguiente imagen se puede observar el régimen medio del nivel de marea con un doble formato: función de distribución (probabilidad acumulada) y número de horas al año en las que se supera una cota determinada. Así se puede conocer la probabilidad que existe de que el nivel de marea alcance una cierta cota a lo largo del año.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

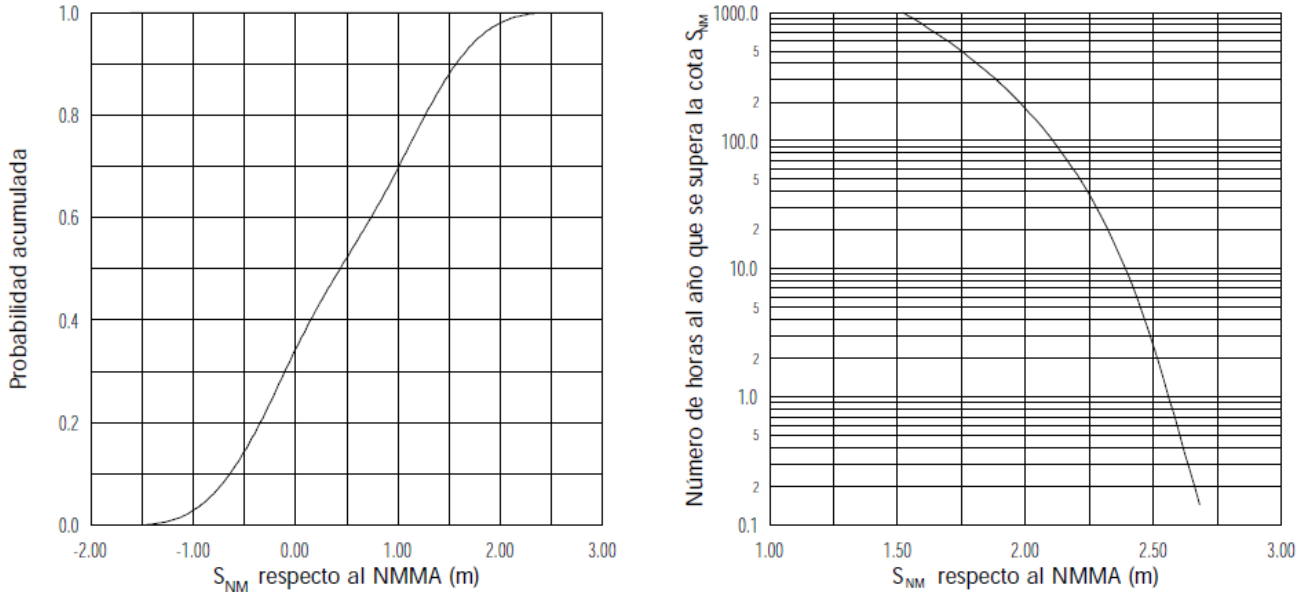


Figura 6.25. Régimen medio del nivel de marea en la zona IVa relativo al cero del puerto de Huelva.

- **Régimen extremal del nivel de marea**

El nivel de marea máximo que se puede esperar para un cierto período de retorno está representado en la siguiente figura:

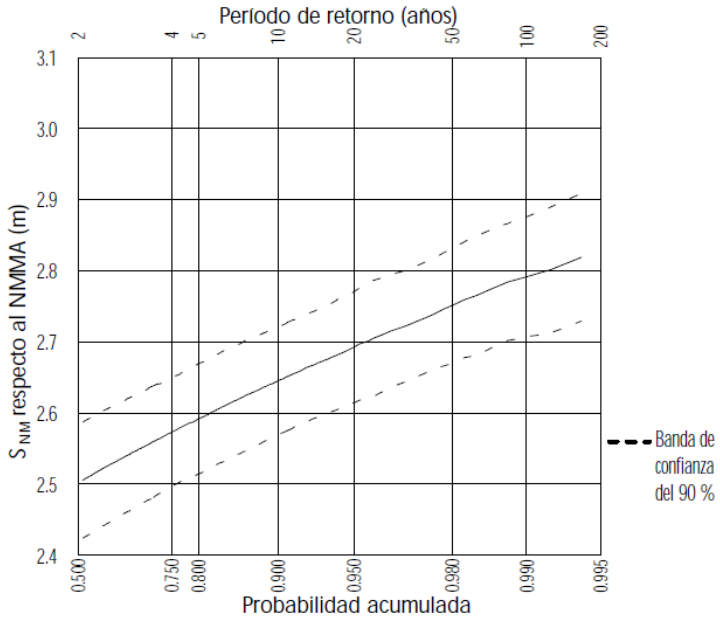


Figura 6.26. Régimen extremal del nivel de marea en la zona IVa referido al cero del puerto de Huelva.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- **Marea Meteorológica**

Del análisis estadístico de extremos del nivel del mar, realizado a partir de los registros tomados por el mareógrafo de Huelva, se obtiene la máxima y mínima sobreelevación del mar debida a los efectos de la presión, es decir, a la marea meteorológica. Los parámetros de distribución de Weibull asociados a esta marea meteorológica vienen recogidos en la siguiente figura:

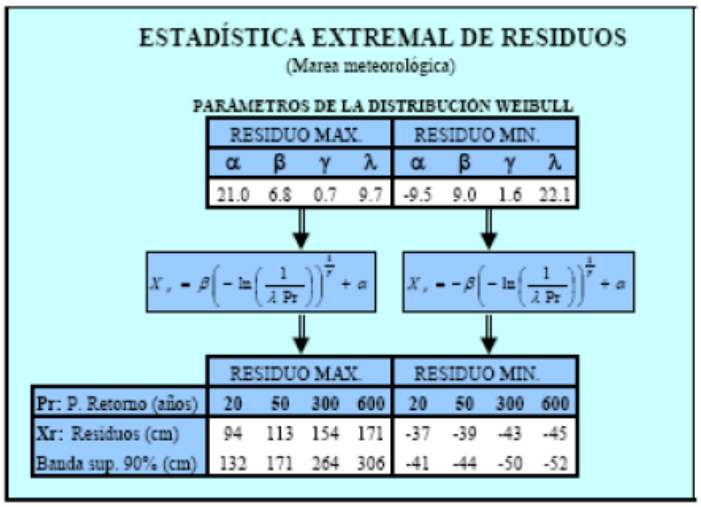


Figura 6.27. Estadística extremal de residuos meteorológicos.

En la siguiente tabla se muestran los residuos máximo y mínimo asociados a los 200, 300 y 400 años de período de retorno.

Período de retorno (años)	Residuo máximo (cm)	Residuo mínimo (cm)
200	144	-43
300	154	-43
400	160	-45

Tabla 6.12. Residuos máximo y mínimo para los períodos de retorno de 200, 300 y 400 años.

- **Cálculo de la cota de inundación**

Para el cálculo de la cota de inundación se va a usar un período de retorno de 50 años. Los valores del nivel del mar van a estar referidos al Nivel Medio del Mar de Alicante.

Para estimar de forma simplificada la cota se va a utilizar la formulación de Van der Meer y Janssen (1995), que permite determinar el *run-up* (*Ru*) en un perfil compuesto por dos alineaciones, *a* y *b*, conociendo el *run-up* que tendría en la primera alineación *Ru* (dado por el ATLAS) y las características de rugosidad y percolación de la segunda alineación. Dicha formulación es la siguiente:

$$R_u = R_{u0} \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_w$$

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Donde:

γ_b es el parámetro de pendiente.

γ_f es el parámetro de rugosidad.

γ_w es el parámetro de percolación.

Para obtener R_{u0} es necesario hacer una estima del nivel de marea (S_{NM}) por el cual se propaga la ola que llega a la costa (S_{CI}). En una primera aproximación, si S_{CI} es la cota de inundación correspondiente a R años de período de retorno, se tomará como SNM a correspondiente, también, a R años de período de retorno

La longitud de la playa inundada se calculará con los datos anteriores, utilizando la siguiente expresión:

$$X = Ru / tg\alpha$$

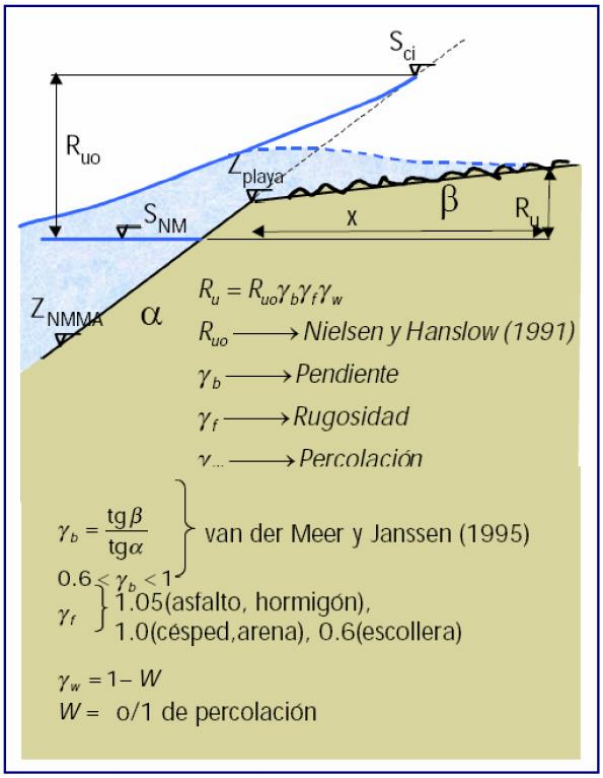


Figura 6.28. Formulación de Van der Meer.

Los datos de la zona de estudio han sido obtenidos de la misma base de datos que en el apartado *Nivel del mar*.

Como se comentaba anteriormente, se va a utilizar la fórmula de Van der Meer. Van a usarse también los ábacos del régimen extremal de cota de inundación en una playa abierta contenidos en el Atlas de Inundación del Litoral Español.

Se suponen valores para una playa reflejante, siendo $R_{u0} = S_{CI} - S_{NM}$, donde S_{CI} la cota de inundación para un período de retorno determinado y S_{NM} la cota del régimen de marea para un período de retorno determinado, en este caso 50 años.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

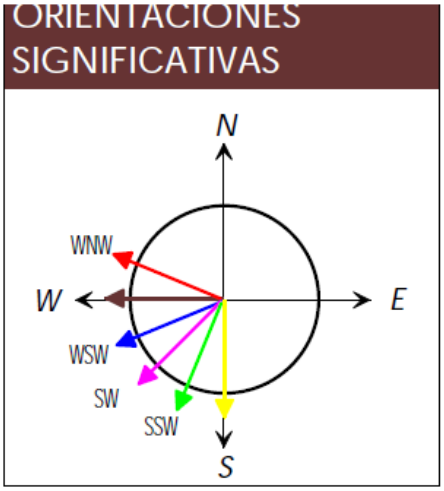


Figura 6.29. Direcciones significativas.

En la figura anterior se detallan las direcciones significativas en la zona de estudio. Estas orientaciones representan la normal a las curvas batimétricas. En este caso, la dirección de la batimetría sería, aproximadamente, S.

Por tanto, el valor de la cota de inundación para un período de 50 años es:

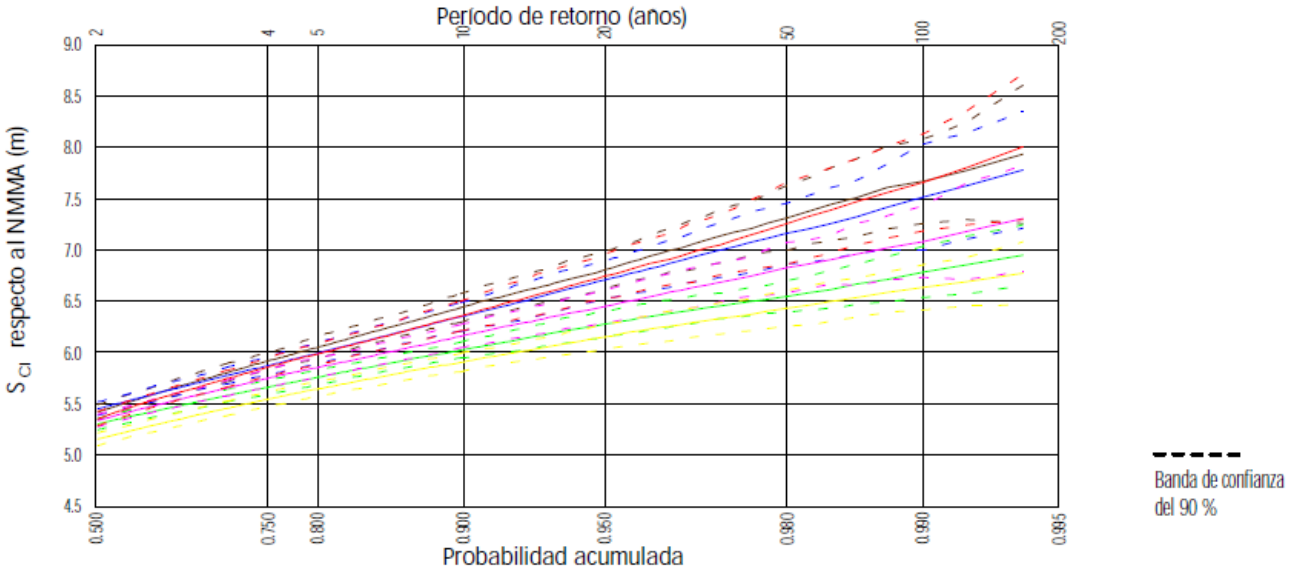


Figura 6.30. Régimen extremal de cota de inundación en una playa abierta.

De la figura anterior se deduce que el valor de $S_{CI}(50)$ es aproximadamente 5,2 metros sobre el nivel medio de la marea astronómica (NMMA).

En el caso del nivel extremal de la marea para un período de retorno de 50 años (ver Figura 6.26) se obtiene un valor de S_{NM} en torno a 2,75 metros sobre el NMMA.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Así, aplicando los valores obtenidos de los regímenes extremales de la cota de inundación y del nivel de marea se obtiene que **R_{u0} = 5,2 – 2,75 = 2,45 metros** sobre el NMMA.

Determinando los parámetros de la fórmula de Van der Meer,

Para la zona por encima de la playa:

Pendiente media de la playa = tgα = 0,1

Pendiente media zona por encima de la playa = tgβ = 0,02

$$\left.\begin{array}{l}\gamma_b = \dfrac{\mathrm{tg}\,\beta}{\mathrm{tg}\,\alpha} \\ 0.6 < \gamma_b < 1\end{array}\right\} \gamma_b = 0.6$$

γ_b = 0,6

γ_f = 1,05 (Zona por encima de la playa)

γ_w = 1,00 (Se asume que no existe percolación)

$R_u = R_{u0} \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_w$ = 2,45 · 0,6 · 1,05 · 1 = 1,5435

Para la zona de playa:

γ_b = 1 (Sólo se considera la superficie de la arena)

γ_f = 1,00 (Zona de arena)

γ_w = 1,00 (Se asume que no existe percolación)

$R_u = R_{u0} \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_w$ = 2,45 · 1 · 1 · 1 = 2,45 NMMA

Obteniendo una longitud de playa inundada de:

X = Ru / tgα = 2,45/ 0,1 = 24,5 metros a partir del NMMA

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

6.3.3. Corrientes

El sistema oceanográfico del suroeste de la Península Ibérica, en el que se encuentra la zona de estudio, se engloba en el extremo septentrional del Sistema de Corrientes de Contorno Oriental (Eastern Boundary Current System, EBCS) de Europa occidental y el norte de África. La morfología costera condiciona altamente los forzamientos físicos. La línea de costa presenta un cambio abrupto en el Cabo de San Vicente, donde las costas oeste y sur confluyen formando un ángulo casi recto. Al este del Cabo se localiza una amplia ensenada donde acontecen recirculaciones muy intensas.

Durante la mayor parte del año, y con certeza en primavera-verano, el patrón circulatorio está formado por un flujo anticiclónico hacia el este sobre el talud hasta el Estrecho de Gibraltar y contracorrientes sobre la plataforma y en el océano abierto (Folkard et al., 1997; Peliz y Fiuza, 1999; Relvas y Barton, 2002; Sánchez et al., 2006; Criado-Aldeanueva et al., 2006), formándose celdas ciclónicas sobre la plataforma entre cabos y una circulación anticiclónica en el centro del Golfo. Ambas celdas se ven conectadas por importantes intercambios plataforma-talud-océano (Sánchez y Relvas, 2003). Sobre el régimen invernal existen más incertidumbres, debido a la menor disponibilidad de observaciones.

Como en otros EBCS, la zona oriental de la Península sufre una alternancia estacional de campos hidrográficos y flujos y corrientes, con presencia de estaciones de afloramiento (*upwelling*) y hundimiento (*downwelling*) sobre las zonas costeras y de plataforma.

Uno de los aspectos que caracteriza a esta zona y la diferencia respecto al resto de sistemas costeros oceánicos es la presencia de la discontinuidad y el intercambio de masas de agua a través del Estrecho de Gibraltar. Este intercambio es mayoritariamente bicapa, con salida de agua mediterránea hacia el Golfo de Cádiz en la capa inferior, y entrada de agua atlántica por la superior. La salida de agua mediterránea se produce en cascada desde los 300 hasta los 1.000 metros. Al principio, esta agua se constituye como una corriente de fondo que vira hacia la derecha por efecto de la rotación terrestre, pegada al talud. Pasado el cabo Santa María, la corriente alcanza el equilibrio como una corriente de gravedad: Subcorriente Mediterránea (MU). A medida que desciende y avanza hacia el oeste, el transporte en la MU se multiplica por tres, a medida que pierde salinidad y temperatura (y densidad) por la mezcla con el agua central suprayacente (ENACW), más fría y menos salina. La zona de mayor mezcla se produce a unos 80 km del Estrecho, frente al cabo Trafalgar.

El flujo mediterráneo no siempre se ve atrapado en el talud, sino que más bien se ve influenciado por valles y cañones submarinos que causan una asimetría horizontal, inducen meandros y provocan la partición del transporte en un número variable de ramas y brazos (Ambar y Howe, 1979; Zenk y Armi, 1990), como es la división en, al menos, tres núcleos principales, que se pueden distinguir aguas abajo del Estrecho por máximos de temperatura y salinidad, centrados en 400 m (Shallow Core, SC), 800/27,6 (Upper Core, UC) y 1200/27,8 (Lower Core, LC) [prof. (m) / sigma-theta] (figuras 6.31 y 6.32).

Trabajos más recientes sugieren que, a través de procesos como el de *entrainment* (arrastre), dos circulaciones (MOW-ENACW) se encuentran conectadas, teniendo más importancia que el viento local. Entrainments sobre cada uno de los brazos principales del MOW parecen ser los responsables del flujo de aguas centrales hacia el Estrecho, uno sobre el talud y otro aguas afuera, para compensar los transportes sobre UC y LC, respectivamente (Peliz et al., 2009; figuras 6.31 y 6.33). La integración vertical de este flujo genera una celda ciclónica en relación con la entrada de aguas de la Corriente de Azores. Siguiendo argumentos sobre la conservación del volumen, Mauritzen et al., 2001, predicen la recirculación ciclónica por el borde septentrional del Golfo, con la ENACW modificada por flujo diapicno, en un proceso denominado *detrainment*.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

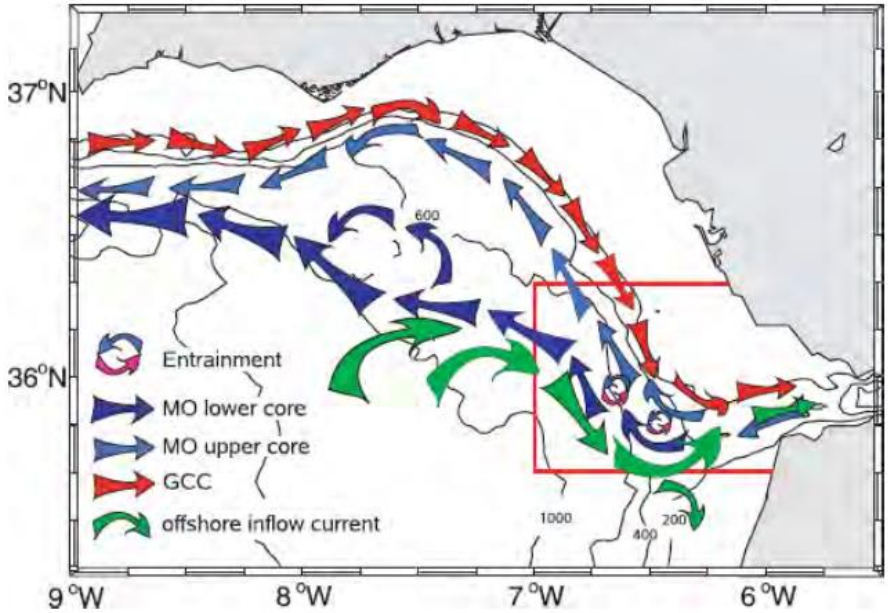


Figura 6.31. Circulación en el Golfo de Cádiz. Las flechas azules representan el flujo de salida de agua mediterránea (núcleos superior e inferior), las azules, las corrientes de talud GCC, y la verde, el flujo atlántico de entrada.

Diversos autores categorizan la circulación general de la zona considerando por separado la zona de plataforma y la región oceánica.

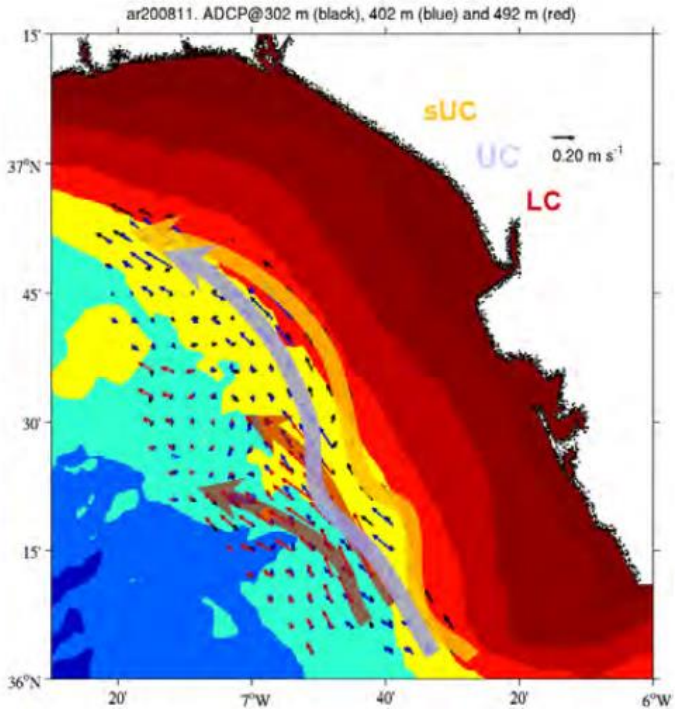


Figura 6.32. Principales flujos de agua mediterránea en el extremo oriental del Golfo de Cádiz: *Shallow Upper Core, sUC*, a 300 m; *Upper Core, UC*, a 400 m, y *Lower Core, LC*, por debajo de los 500 m.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

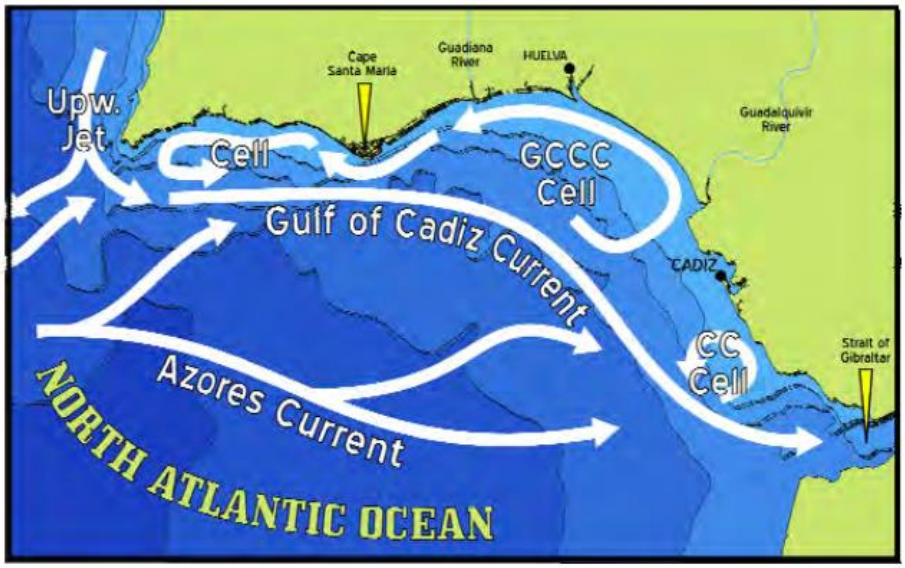


Figura 6.33. Principales flujos superficiales en el Golfo de Cádiz.

La entrada de Agua Mediterránea introduce una anomalía termohalina que se modifica y mezcla en el Golfo para propagarse hacia el océano Atlántico, ejerciendo una enorme influencia en la circulación global. Con respecto a la circulación regional, esta anomalía implica la inversión de los perfiles de salinidades que conlleva implicaciones dinámicas. La disminución de temperatura con la profundidad va asociada a un aumento de salinidad que revierte en un debilitamiento de la baroclinicidad (gradientes isopicnos) con respecto a sistemas no perturbados por este tipo de anomalías.

En lo que respecta a las **corrientes de marea**, los mayores valores de velocidad se obtienen en la desembocadura el río Piedras, siendo de menor importancia a la altura de la zona de estudio. En las etapas de marea viva las velocidades en la desembocadura son mayores cuando la marea está vaciando que llenando, y pueden alcanzar casi 2 m/s, mientras que cuando las mareas son muertas la velocidad de corriente en la desembocadura tiene valores en torno a 0,5 m/s.

Estas oscilaciones de las velocidades a lo largo del canal tienen un comportamiento similar entre mareas vivas y muertas: en los estados de marea llenante la velocidad aumenta notablemente en la parte final de los canales de navegación, es decir, en los canales de acceso, mientras que en casos de marea vaciante en general existe una tendencia a aumentar la velocidad a lo largo del río hasta la desembocadura, seguido de una notable disminución de las velocidades en su salida al mar.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

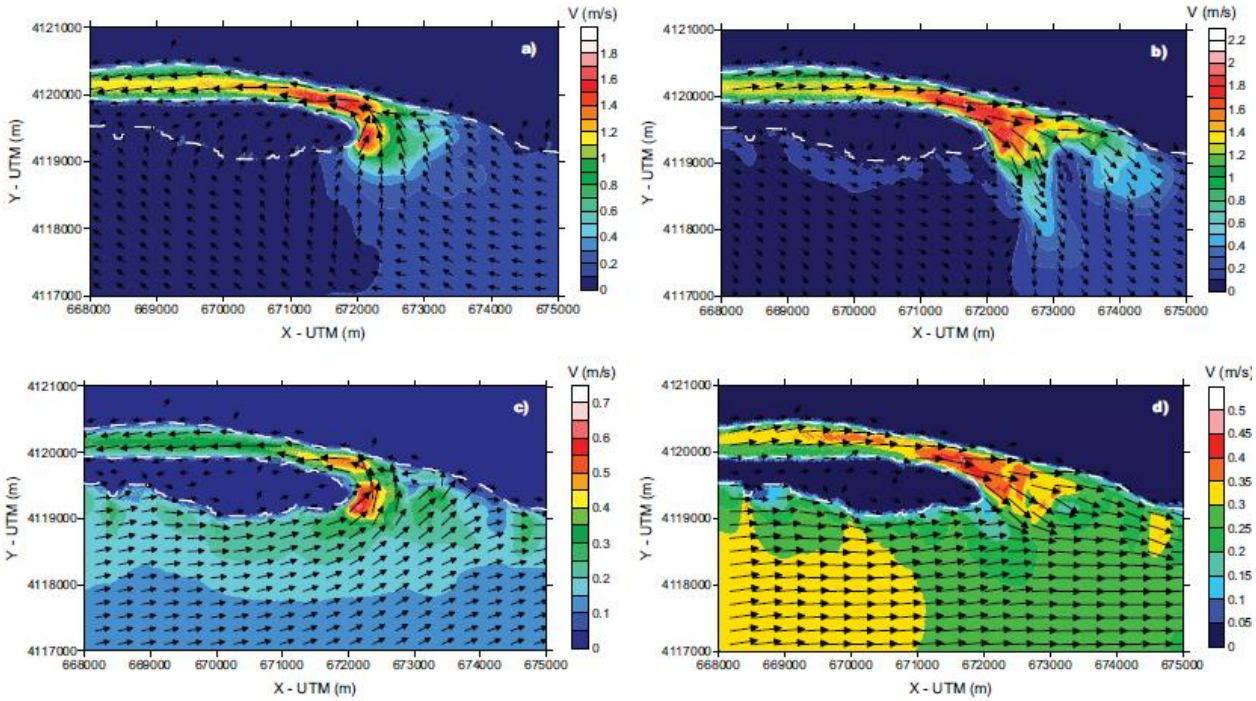


Figura 6.34. Velocidad de corriente en cuatro instantes de tiempo: a) Llenante y marea viva. b) Vaciante y marea viva. c) Llenante y marea muerta. d) Vaciante y marea muerta.

A continuación se presentan las series temporales de las corrientes del Golfo de Cádiz, obtenidas de la Boya del Golfo de Cádiz para el período 1996-2014.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

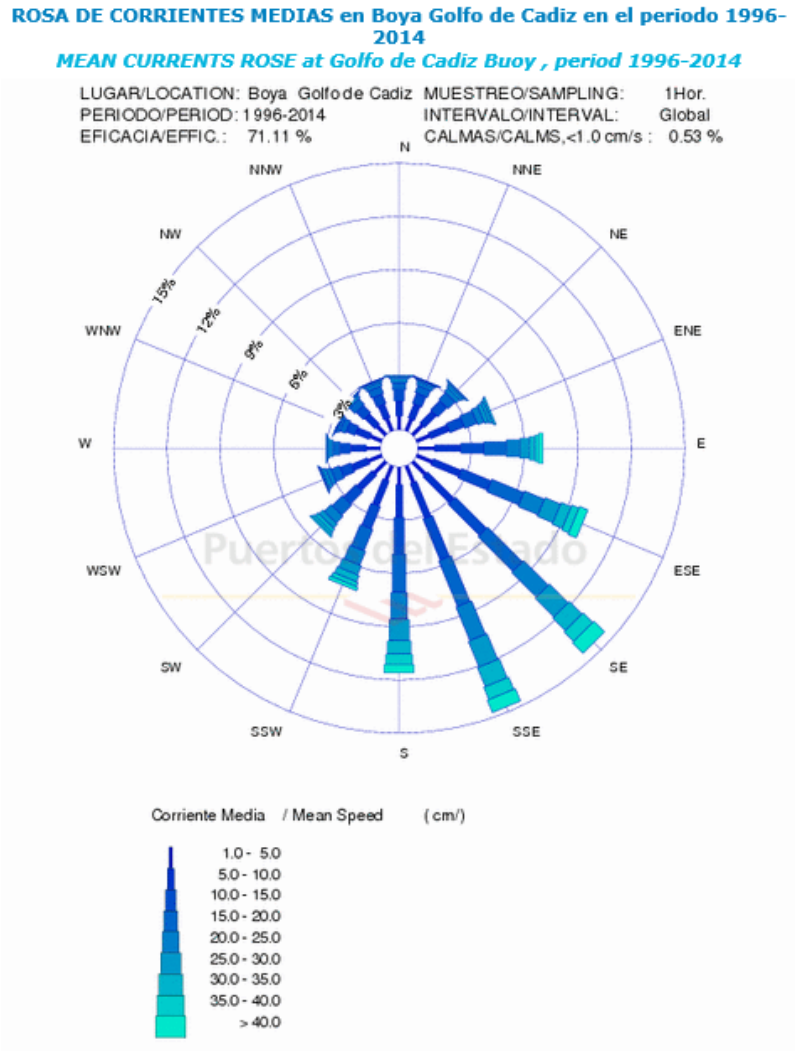


Figura 6.35. Rosa de corrientes medias en Boya del Golfo de Cádiz. Período 1996-2014.

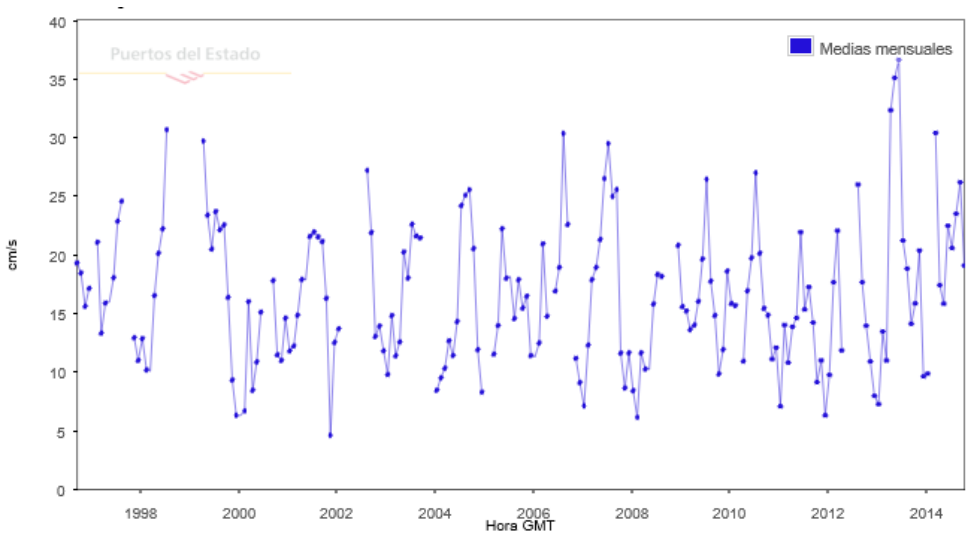


Figura 6.36. Valores medios mensuales de velocidad de la corriente. Período 1996-2014.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

LUGAR : Golfo de Cádiz	PERIODO : anual
SERIE ANALIZADA : Dic. 2010 - Nov. 2011	FRECUENCIA : 1 dato hora
NÚMERO DE DATOS : 8759	EFICACIA : 100.00 %
INTENSIDAD RES. MEDIA : 5.11 (cm/s)	DIRECCIÓN RES. MEDIA : 147.59 (grados)
VELOCIDAD MEDIA : 13.44 (cm/s)	VELOCIDAD MÁXIMA : 48.00 (cm/s)

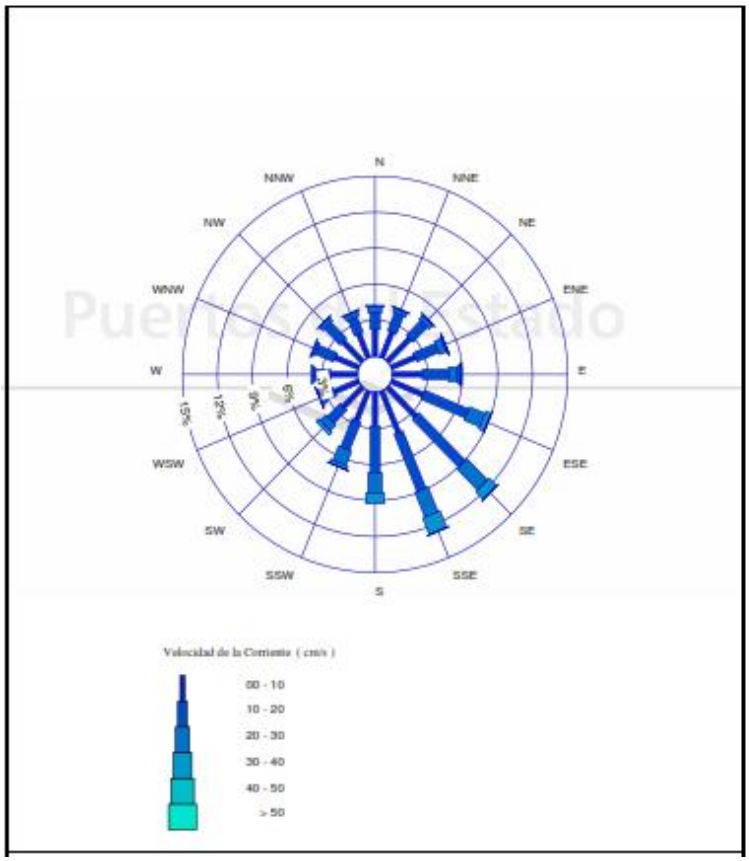


Figura 6.37. Distribución conjunta de intensidad y dirección de la corriente. Período anual.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

LUGAR : Golfo de Cádiz	PERIODO : Dic. - Feb.
SERIE ANALIZADA : Dic. 2010 - Nov. 2011	FRECUENCIA : 1 dato hora
NÚMERO DE DATOS : 2160	EFICACIA : 100.00 %
INTENSIDAD RES. MEDIA : 0.45 (cm/s)	DIRECCIÓN RES. MEDIA : 32.32 (grados)
VELOCIDAD MEDIA : 10.98 (cm/s)	VELOCIDAD MÁXIMA : 41.00 (cm/s)

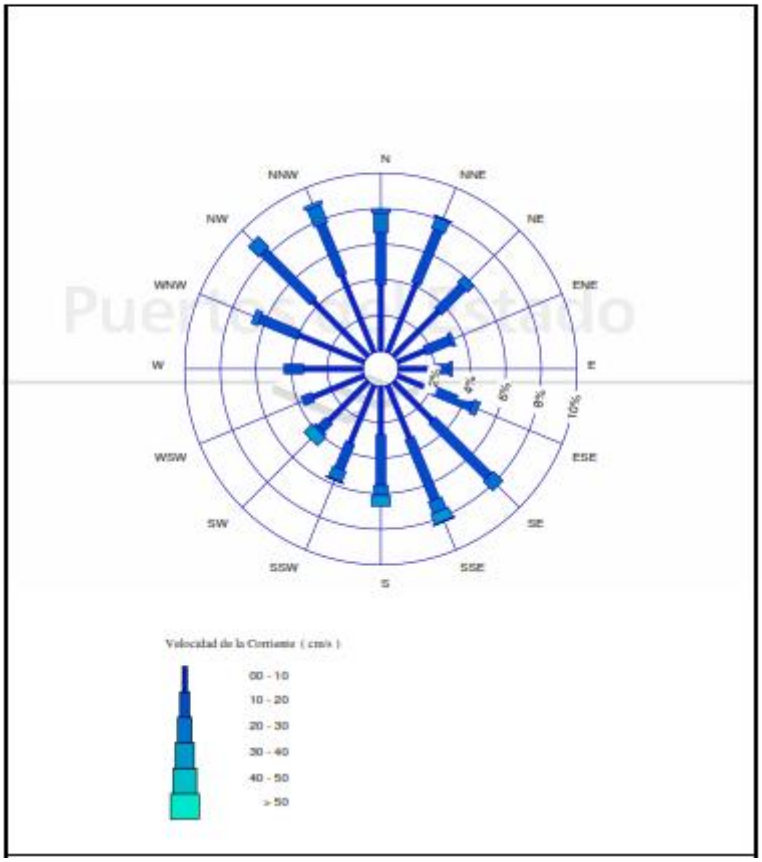


Figura 6.38. Distribución conjunta de intensidad y dirección de la corriente. Diciembre-febrero.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

LUGAR : Golfo de Cádiz	PERIODO : Mar. - May.
SERIE ANALIZADA : Dic. 2010 - Nov. 2011	FRECUENCIA : 1 dato hora
NÚMERO DE DATOS : 2208	EFICACIA : 100.00 %
INTENSIDAD RES. MEDIA : 8.95 (cm/s)	DIRECCIÓN RES. MEDIA : 143.80 (grados)
VELOCIDAD MEDIA : 13.11 (cm/s)	VELOCIDAD MÁXIMA : 37.50 (cm/s)

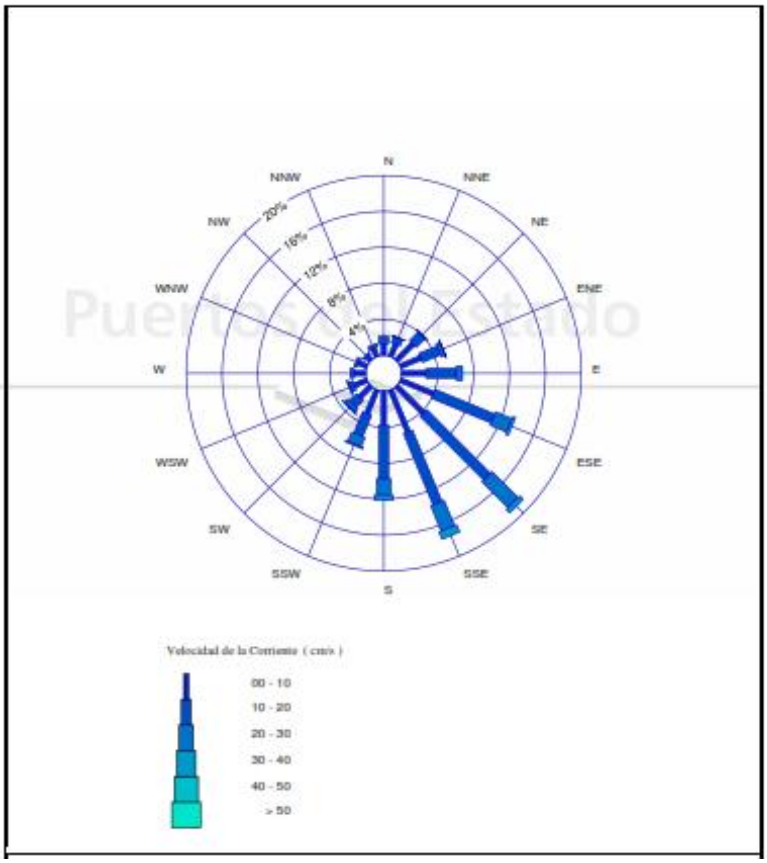


Figura 6.39. Distribución conjunta de intensidad y dirección de la corriente. Marzo-mayo.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

LUGAR : Golfo de Cádiz	PERIODO : Jun. - Ago.
SERIE ANALIZADA : Dic. 2010 - Nov. 2011	FRECUENCIA : 1 dato hora
NÚMERO DE DATOS : 2208	EFICACIA : 100.00 %
INTENSIDAD RES. MEDIA : 11.87 (cm/s)	DIRECCIÓN RES. MEDIA : 144.93 (grados)
VELOCIDAD MEDIA : 18.15 (cm/s)	VELOCIDAD MÁXIMA : 48.00 (cm/s)

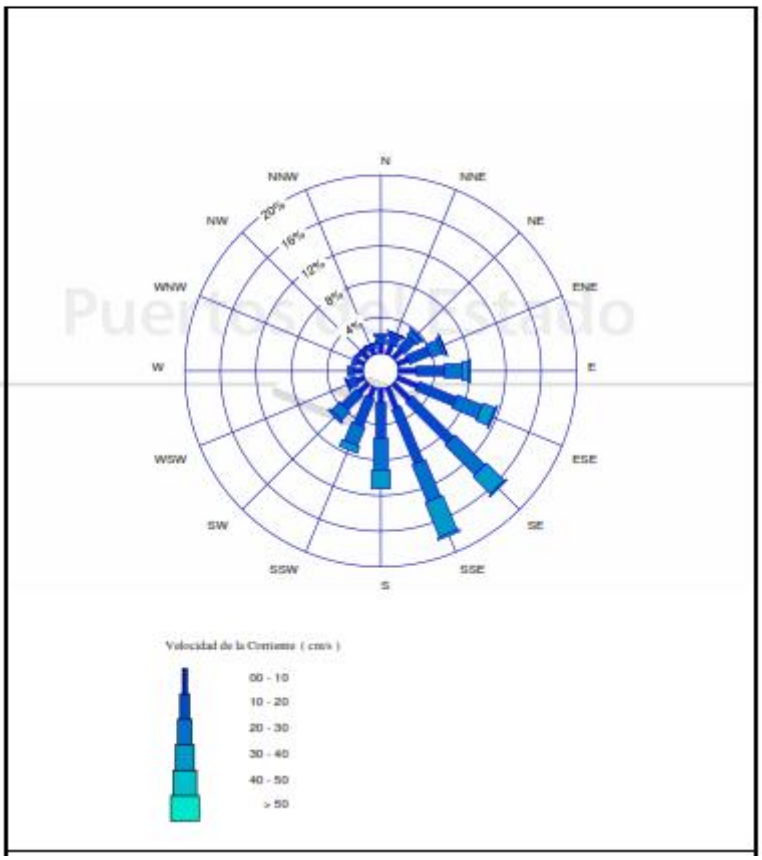


Figura 6.40. Distribución conjunta de intensidad y dirección de la corriente. Junio-agosto.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

LUGAR : Golfo de Cádiz	PERIODO : Sep. - Nov.
SERIE ANALIZADA : Dic. 2010 - Nov. 2011	FRECUENCIA : 1 dato hora
NÚMERO DE DATOS : 2183	EFICACIA : 100.00 %
INTENSIDAD RES. MEDIA : 1.59 (cm/s)	DIRECCIÓN RES. MEDIA : 249.88 (grados)
VELOCIDAD MEDIA : 11.44 (cm/s)	VELOCIDAD MÁXIMA : 41.00 (cm/s)

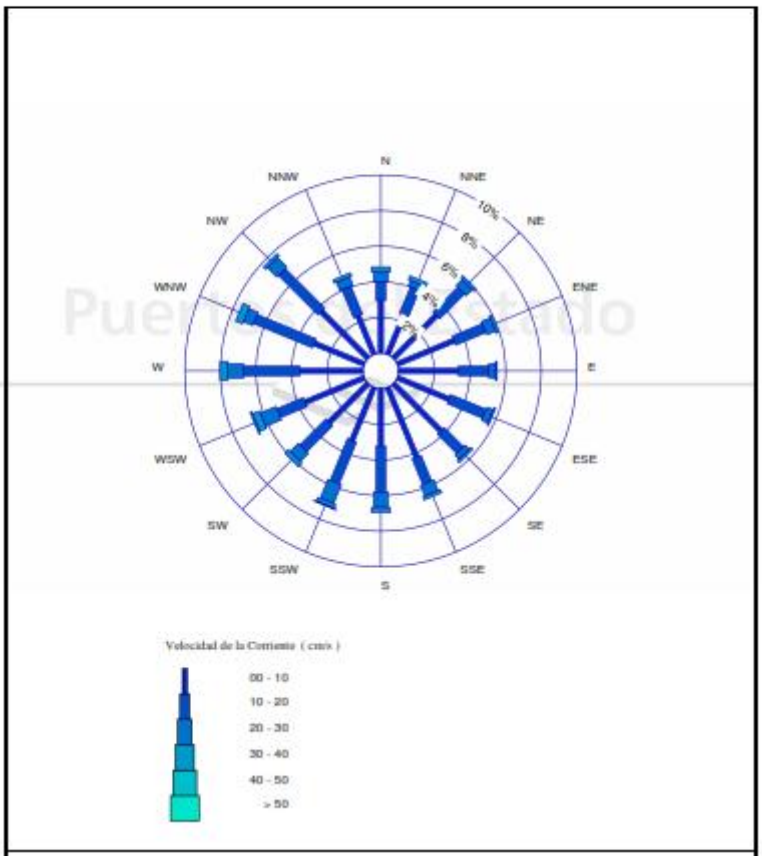
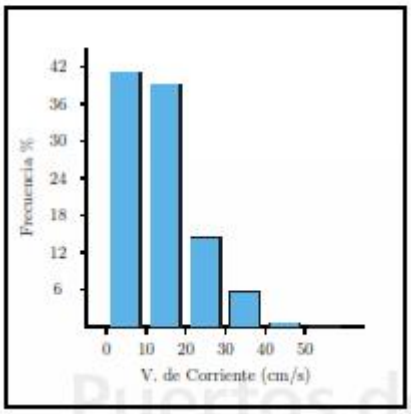


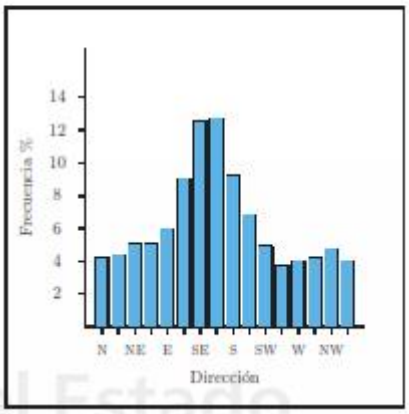
Figura 6.41. Distribución conjunta de intensidad y dirección de la corriente. Septiembre-noviembre.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

LUGAR : Golfo de Cádiz
SERIE ANALIZADA : Dic. 2010 - Nov. 2011
NÚMERO DE DATOS : 8759
INTENSIDAD RES. MEDIA : 5.11 (cm/s)
VELOCIDAD MEDIA : 13.44 (cm/s)

PERIODO : anual
FRECUENCIA : 1 dato hora
EFICACIA : 100.00 %
DIRECCIÓN RES. MEDIA : 147.59 (grados)
VELOCIDAD MÁXIMA : 48.00 (cm/s)





Dirección (grados)		V. de Corriente (cm/s) (00-10]	(10-20]	(20-30]	(30-40]	(40-50]	> 50	Total
N	0.0	2.222	1.432	.470	.115	-	-	4.239
NNE	22.5	2.291	1.615	.355	.080	-	-	4.342
NE	45.0	2.681	1.753	.447	.092	-	-	4.972
ENE	67.5	2.211	2.028	.630	.137	.011	-	5.018
E	90.0	2.543	2.245	.813	.195	.057	-	5.854
ESE	112.5	2.933	4.078	1.443	.470	.046	-	8.970
SE	135.0	3.402	5.636	2.497	.871	.046	-	12.453
SSE	157.5	3.746	5.144	2.234	1.466	.080	-	12.670
S	180.0	2.807	3.861	1.718	.882	-	-	9.268
SSW	202.5	2.669	2.520	1.295	.309	.011	-	6.805
SW	225.0	2.314	1.558	.653	.321	-	-	4.846
WSW	247.5	2.257	.951	.321	.103	.023	-	3.654
W	270.0	2.303	1.329	.218	.103	-	-	3.952
WNW	292.5	2.188	1.707	.229	.103	-	-	4.227
NW	315.0	2.348	1.890	.401	.046	-	-	4.686
NNW	337.5	2.142	1.409	.401	.092	-	-	4.044
Total		41.059	39.157	14.125	5.384	.275	-	100 %

Figura 6.42. Estadística de la serie de corrientes.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

7. BATIMETRÍA HASTA FONDOS NO MODIFICADOS. FORMA EN PLANTA DE EQUILIBRIO DEL TRAMO DE COSTA AFECTADO

7.1. BATIMETRÍA HASTA FONDOS NO MODIFICADOS

La zonificación de las diferentes áreas o tramos del perfil de playa está determinada por el concepto de *profundidad activa*, que es la profundidad hasta la que existen fenómenos de transporte de sedimentos, bien sea perpendicular o paralelo a la costa (d_i).

Por otra parte, la profundidad denominada *de cierre*, o *shoal*, es aquella a partir de la cual no hay ningún tipo de transporte, tanto paralelo como perpendicular a la costa (d_s).

El tramo comprendido entre la profundidad activa y la de cierre se denomina *shoal zone*, y en ella sólo actúan fenómenos de transporte perpendiculares a la costa.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Figura 7.1. Batimetría de la zona.

Para calcular dichas profundidades se utiliza el concepto de H_{12}, que, como se vio con anterioridad, es la altura significante que solamente es excedida o superada doce horas al año en régimen medio. Sin embargo, en el presente estudio no va a utilizarse este dato, puesto que la H_{12} hace referencia a la altura de ola en profundidades indefinidas, en mar abierto, y no en la cara interna de la flecha, donde se ubica la playa objeto de estudio. Así, en este caso particular se empleará la altura de ola máxima que podría darse en la ría, esto es, 0,5 m.

Por tanto, H_{12} = 0,5 m es la profundidad para el perfil de equilibrio.

La clasificación habitual fue desarrollada por Hallermeier (1978-1985), si bien la formulación sencilla y aplicable es la de Birkemeier (1985), que define:

- H_{12}: Altura de la ola significante o promedio del tercio de olas más altas, excedida doce horas al año en régimen medio (m).
- d_i: Profundidad litoral, es decir, aquella donde existe transporte de sedimentos en sentido longitudinal (*longshore*) o transversal (*onshore-offshore*) (m).
- d_s: Profundidad shoal o de asomeramiento, es decir, aquella hasta donde se puede cuantificar el transporte transversal (m).
- d_{off}: Profundidad offshore, donde no existe actividad por efecto ondulatorio, zona neutra, próxima al Punto de Cornaglia.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

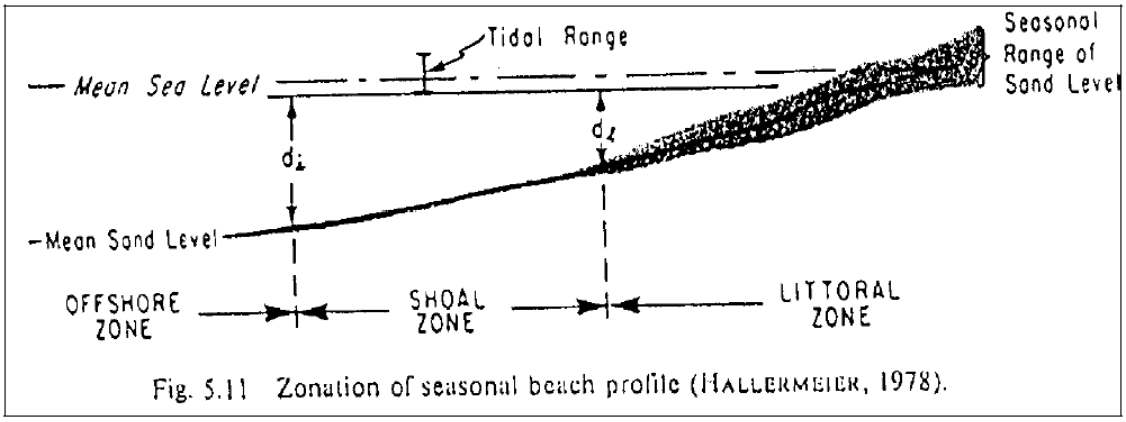


Figura 7.2. Zonificación de Hallermeier (1978).

La fórmula clásica es la siguiente:

$$d_i = 2{,}28 \cdot H_{12} - 68{,}90 \cdot (H_{12}^2 / g \cdot T_z^2)$$

Donde d_i es la profundidad litoral (m), H_{12} es la altura de ola significante excedida 12 horas al año en régimen medio (m), g es la aceleración de la gravedad (m/s^2), y T_z es el período de oleaje correspondiente a H_{12} (s).

Empleando datos de campo, Birkemeier corrigió la fórmula de Hallermeier, obteniendo:

$$d_i = 1{,}75 \cdot H_{12} - 57{,}90 \cdot (H_{12}^2 / g \cdot T_z^2)$$

Corrigiendo para un espectro Jonswap, en lugar de Pierson Moskowitz, y como fórmula simplificada se obtiene:

$$d_i = 1{,}75 \cdot H_{12} \; ; d_s = 2 \cdot d_i = 3{,}50 \cdot H_{12}$$

Por tanto, se obtienen las siguientes profundidades:

$$d_i = 1{,}75 \cdot 0{,}5 = 0{,}875 \text{ m}$$

$$d_s = 3{,}50 \cdot 0{,}5 = 1{,}75 \text{ m}$$

Estos valores son aproximados, no exactos, pero gracias a ellos puede concluirse que la mayoría de los cambios morfodinámicos de la playa se producen entre la línea de orilla y la zona bañada por el estrán (zona intermareal) y la batimétrica 1, aproximadamente. Estas modificaciones dejan de producirse paulatinamente en los fondos hasta alcanzar la batimétrica 2, a partir de la cual no se esperan variaciones. Estos valores corresponden al nivel medio del mar, aunque pueden variar en función de la carrera de marea.

Se debe considerar, asimismo, la profundidad del lecho para poder evaluar las condiciones de navegabilidad por el calado. Esta profundidad es la que se tiene con el nivel medio de la marea. En la Figura 7.1 se aprecia la poca profundidad existente en la zona, entre 0 y 0,5 m. Sin embargo, ésta aumenta rápidamente hacia la parte central del río, como se demuestra en el

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

trabajo *Modelado hidrodinámico de la Flecha de El Rompido y su entorno* (Cristina Aguilar Correa), en el que se definen dos canales de navegación para las operaciones de entrada y salida de los buques en el río (*canal de poniente* y *canal de levante*) que se unen una vez pasada la desembocadura del mismo.

Figura 7.3. Posibles canales de navegación de buques (Cristina Aguilar Correa).

Como se aprecia en la Figura 7.3, la ubicación del embarcadero coincide con el sexto punto desde la izquierda. Tras el dragado realizado en el año 2016, la profundidad es superior a un metro en todos los puntos del canal durante todas las fases de la marea. Sin embargo, los efectos de esta obra sobre la profundidad del lecho sólo se producen precisamente en el área dragada, sin introducir grandes cambios en la profundidad del resto de puntos, por lo que en ellos se mantienen las mismas condiciones que había previamente. Es decir, las obras de dragado que se han producido en los últimos años se han centrado en la desembocadura del Piedras, no viéndose afectadas zonas interiores como la que se estudia en el presente informe.

Así, la profundidad del canal de navegación a la altura del embarcadero varía entre 4 y 7 metros, dependiendo del estado de la marea, como puede verse en la Figura 7.4.

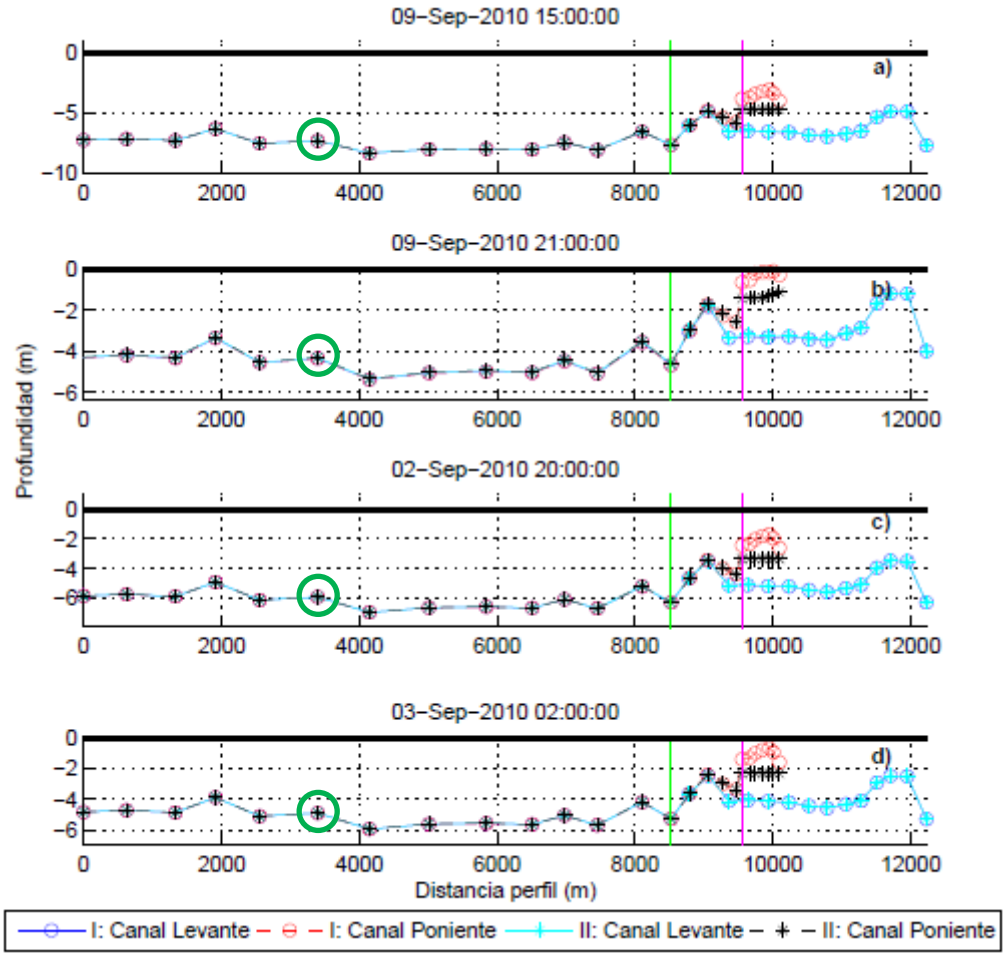


Figura 7.4. Variación de la profundidad en cuatro instantes de tiempo: a) Pleamar y marea viva. b) Bajamar y marea viva. c) Pleamar y marea muerta. d) Bajamar y marea muerta. La línea verde representa el apunto de división de las canales de levante y poniente y la línea magenta el comienzo de la actuación de dragado en el canal de poniente. La distancia 0m se corresponde con el punto más interno del río. (Cristina Aguilar Correa).

7.2. FORMA EN PLANTA DE EQUILIBRIO

La forma en planta que adoptan las playas sedimentarias es producto de la interacción de los agentes dinámicos que actúan sobre ellas y de las propias características físicas de la costa. Como se ha dicho anteriormente, de entre todos esos agentes, el oleaje es, con diferencia, el que suministra más energía al sistema y, por tanto, será el agente principal a la hora de determinar la forma en planta de una playa.

Se sabe que los cambios en planta que sufre una costa, considerados a medio-largo plazo, son debidos a la existencia de un gradiente a lo largo de la misma de transporte longitudinal de sedimento. Este gradiente determinará la forma de equilibrio de la playa desde un punto de vista dinámico. Es decir, a medida que cambien las condiciones del oleaje incidente y, por tanto,

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

cambie el esquema de transporte longitudinal de la playa, cambiará su forma en planta. En el caso de existir un oleaje claramente dominante en la zona de estudio, éste determinará la planta de la playa a medio-largo plazo, mientras que los oleajes secundarios determinarán variaciones estacionales o de corto plazo de la misma sobre su posición de equilibrio.

Este proceso, dependiente de las condiciones de oleaje incidente y el esquema de transporte asociado, puede ser conocido de forma determinista si se reproducen o cuantifican cada uno de los elementos que participan en el sistema, así como la forma en que interaccionan. Intentar abordar el problema resolviendo de forma detallada el sistema es una tarea inabordable desde el punto de vista práctico, sobre todo si se tiene en cuenta la poca disponibilidad de información (datos de oleaje, perfiles, etc.) que suele haber a la hora de realizar un proyecto de estas características. Por si esto fuera poco, aunque potencialmente puede resolverse el sistema de forma determinista, existen dos problemas adicionales: la escala de tiempo y la aleatoriedad/incertidumbre asociada a los factores impulsores y a la respuesta de la costa.

Para resolver este problema, existe una serie de herramientas que, si bien suponen una simplificación del proceso, si son utilizadas correctamente, conociendo las restricciones y el campo de validez de cada una, permiten obtener resultados válidos desde el punto de vista de la ingeniería.

La playa objeto de estudio es una playa confinada. En estos casos, la forma en planta será similar a la que puede observarse en playas encajadas naturales y dependerá de las dimensiones físicas de los obstáculos que delimitan la playa (longitud, profundidad en sus extremos, distancia entre ellos, etc.) y de los términos impulsores que actúan sobre ella.

Asumiendo que los obstáculos actúan como barreras totales al paso de sedimento y que, por lo tanto, el volumen de sedimento permanece constante en el tiempo, la forma de equilibrio en planta de la playa dependerá del oleaje incidente en ella, que, a su vez, estará totalmente condicionado por los obstáculos existentes. El oleaje, al dirigirse hacia la costa, sufrirá los procesos de refracción y fricción con el fondo y, al encontrarse con los obstáculos, se difractará y/o reflejará. Este proceso, aunque dependiente de las características del oleaje incidente, los obstáculos que delimitan la playa y las características de la misma en sí, puede ser generalizado a cualquier playa. Así, desde el punto de vista de la dinámica a corto y medio plazo, se observan dos zonas bien diferenciadas: 1) una zona expuesta, donde el transporte de sedimento y la evolución de la playa estarán dominados por la incidencia oblicua del oleaje y la corriente inducida (transporte longitudinal), y 2) una zona protegida, en la que se manifiestan los efectos de la difracción del oleaje, y donde además del concepto anteriormente citado, aparece un término de transporte longitudinal adicional debido al gradiente de la altura de la ola a lo largo de la playa, que dará lugar a corrientes dirigidas desde la zona expuesta a la protegida.

Debido a que este esquema se repite en todas las playas, aunque variando sus dimensiones/intensidades en función de cada caso particular, y que sus efectos morfológicos son siempre parecidos al dar a la planta de la playa una forma curva, se ha intentado caracterizar ésta mediante expresiones analíticas universales.

De todos los modelos de estudio de playas confinadas, el más extendido en la actualidad es la de Hsu y Evans (1989), de tipo parabólico, en el que se aproxima la línea de orilla de equilibrio a un polinomio de segundo grado (ver Figura 7.4 para simbología):

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

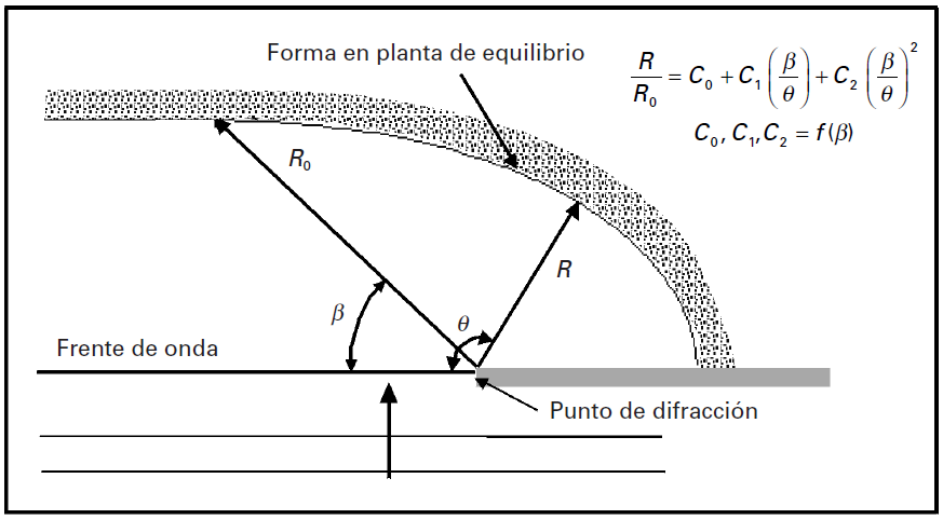


Figura 7.5. Esquematización de una bahía en equilibrio.

$$R/R_0 = C_0 + C_1 (\beta/\theta) + C_2 (\beta/\theta)^2$$

Donde los coeficientes C_0, C_1 y C_2 tienen un valor universal que es función únicamente de β y θ:

β (º)	C_0	C_1	C_2
10	0.036	1.011	-0.047
15	0.050	0.998	-0.049
20	0.055	1.029	-0.088
25	0.054	1.083	-0.142
30	0.045	1.146	-0.194
35	0.029	1.220	-0.253
40	-0.000	1.326	-0.332
45	-0.039	1.446	-0.412
50	-0.088	1.588	-0.507
55	-0.151	1.756	-0.611
60	-0.227	1.930	-0.706
65	-0.315	2.113	-0.800
70	-0.409	2.284	-0.873
75	-0.505	2.422	-0.909
80	-0.60	2.520	-0.906

Tabla 7.1. Coeficientes de Hsu y Evans (1989).

Según Hsu *et al.*, 1993, la forma en planta de una playa encajada en equilibrio estático (no hay transporte longitudinal en la playa) y dinámico (existe transporte de sedimento, pero el volumen que entra y sale es idéntico) es la siguiente:

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

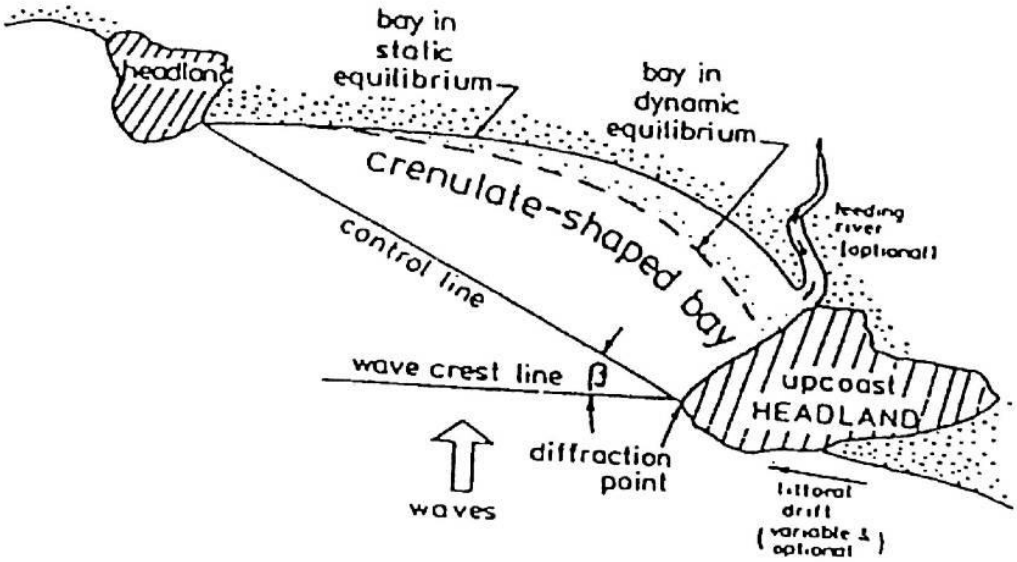


Figura 7.6. Forma en planta de equilibrio de una playa encajada.

Para el presente estudio se va a considerar el tramo de costa comprendido entre dos puntos situados en las siguientes coordenadas:

Punto	Coordenada X	Coordenada Y
1	134285.17	4126375.07
2	134699.59	4126338.44

Tabla 7.2. Coordenadas UTM de los puntos de referencia. (EPSG: ETR S89 / UTM zone 30N).

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Figura 7.7. Localización geográfica del embarcadero y los puntos de referencia considerados.

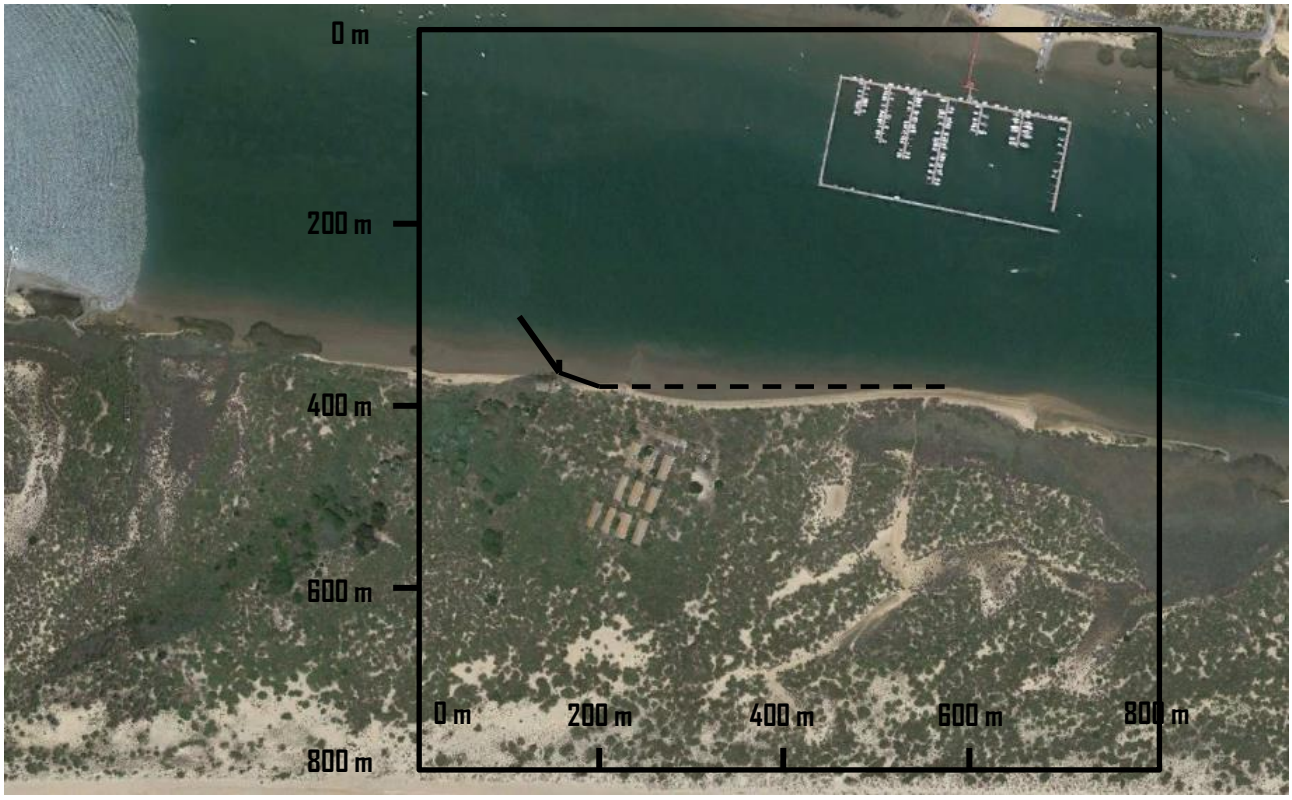


Figura 7.8. Forma en planta de equilibrio de la playa.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

En la Figura 7.6 se ha dibujado la forma en planta de la playa considerando un punto de difracción situado a la altura de las ruinas del Real Nuevo de la Almadraba de Nueva Umbría.

La playa objeto de estudio, en toda su extensión, se encuentra en equilibrio dinámico, es decir, con transporte neto no nulo, y con dirección del transporte NW-SE.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

8. NATURALEZA GEOLÓGICA DE LOS FONDOS

8.1. CONTEXTO GEOLÓGICO

Geográficamente, la costa de Huelva representa el punto de contacto entre el sector más occidental de la cuenca del Guadalquivir y el océano Atlántico. En esta área afloran materiales de dos unidades geológicas distintas: por un lado, la Zona Sudportuguesa, que pertenece al Macizo Ibérico y constituye el zócalo de la depresión del Guadalquivir en este sector, y, por otro, las formaciones neógenas y cuaternarias de relleno de la cuenca.

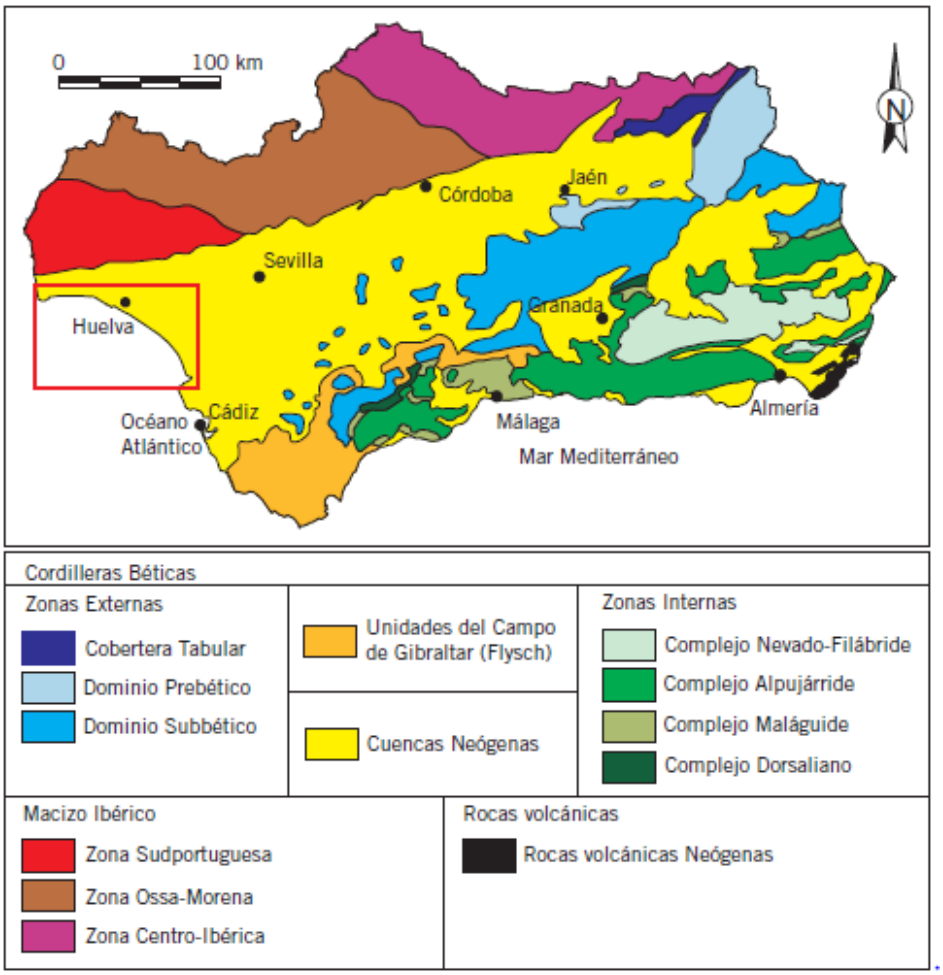


Figura 8.1. Mapa de situación y unidades geológicas de la costa de Huelva.

La cuenca del Guadalquivir se creó durante el período Neógeno (Era Cenozoica) como consecuencia de la colisión de la cordillera Bética con el antiguo borde del Macizo Ibérico, lo que dio lugar a una zona deprimida (cuenca del Antepaís Bético). En aquel tiempo la cuenca estaba inundada por el mar, en cuyos fondos se depositaron sedimentos marinos, procedentes en su mayoría de la erosión de los relieves circundantes: la cordillera Bética, que en ese momento se estaba levantando, y el Macizo

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Ibérico. Entre estos sedimentos, especialmente en el margen sur de la cuenca, hay embutidos grandes bloques rocosos de distinta naturaleza, edad y dimensiones que corresponden a las Unidades Olitrostómicas. Actualmente, algunos de esos bloques constituyen sierras enteras. La progresiva subida del relieve de toda la región acabó exponiendo amplias zonas a la acción de los agentes geológicos, desarrollándose sobre ellas una red fluvial con extensas llanuras y terrazas fluviales que hoy representan el valle del río Guadalquivir.

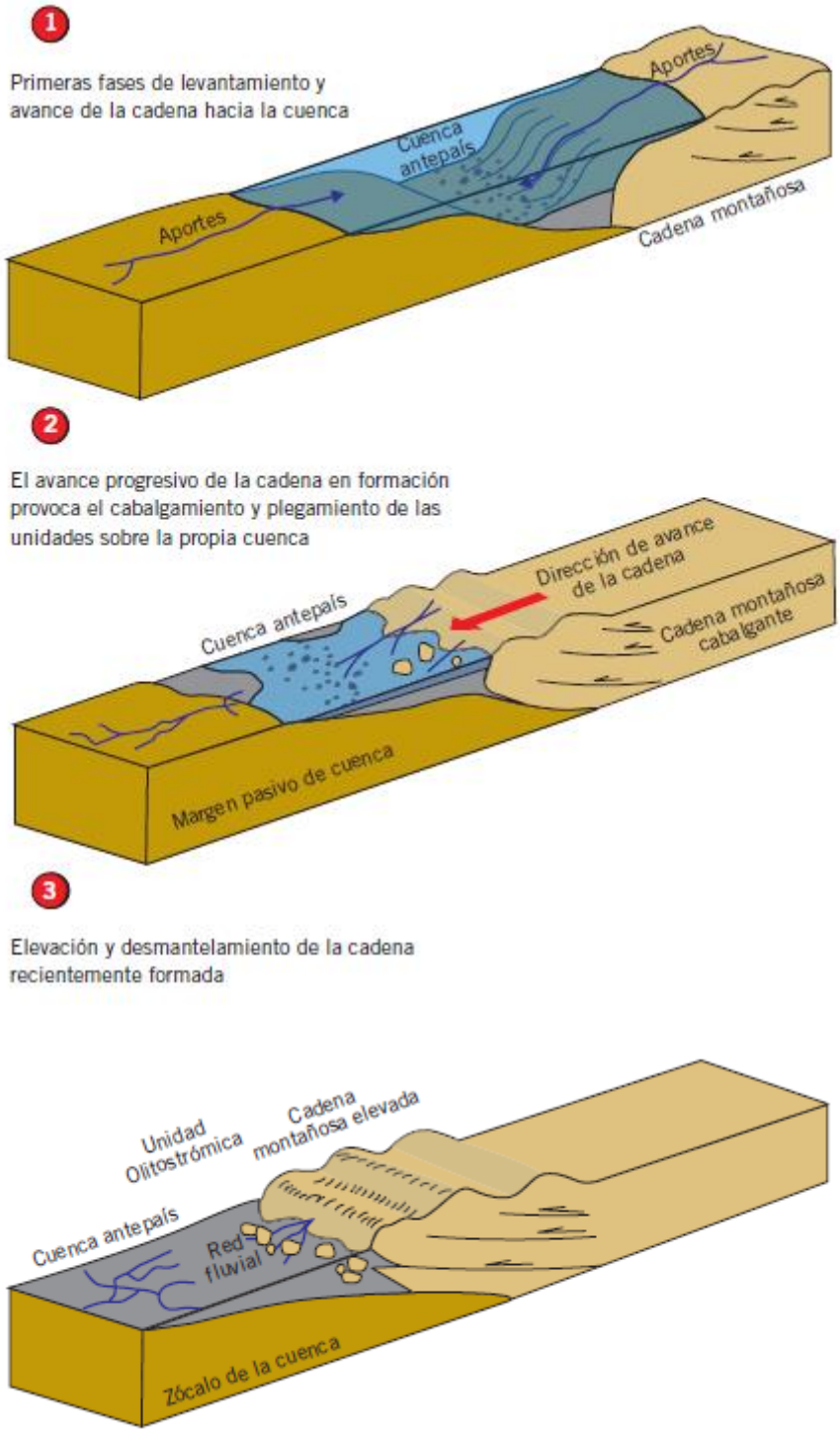


Figura 8.2. Evolución de una cuenca de antepaís, del tipo cuenca del Guadalquivir (modificada de Vera, 1994).

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

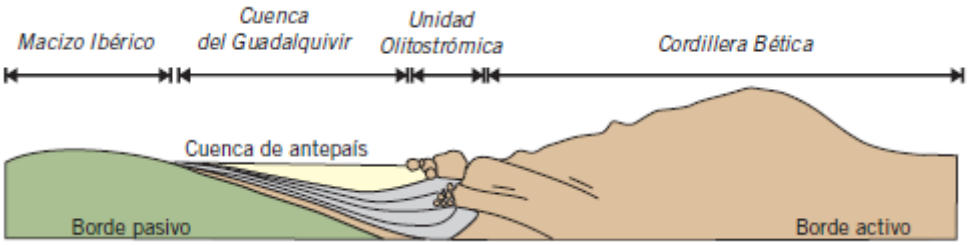


Figura 8.3. Esquema simplificado de una cuenca de antepaís (simplificada de Vera, 1994).

Las características geológicas del terreno y la suavidad del relieve de la costa de Huelva han permitido la formación de un litoral muy dinámico que ha sufrido muchos cambios morfológicos en períodos de tiempo relativamente cortos y recientes. Estos cambios han quedado grabados en los sedimentos y, gracias a ello, hoy día podemos reconocerlos, estudiarlos e interpretarlos.

Los cambios de forma en la costa han ocurrido en el Holoceno (los últimos 10.000 años), debido a una subida más o menos pronunciada del nivel del mar, que alcanzó un nivel máximo hace unos 6.500 años. Posteriormente, la dinámica costera se ha encargado de modelar el litoral, erosionando los salientes, representados por las zonas acantiladas, y depositando en los entrantes, correspondientes a la desembocadura de los ríos, formando flechas litorales y zonas de marisma, como es el caso de la zona de estudio.

8.2. SISTEMAS MORFODINÁMICOS, FORMAS Y PROCESOS

Las unidades geológicas anteriores, las características litológicas de los materiales y el relieve han permitido la formación y el desarrollo de sistemas morfodinámicos eólicos (complejos dunares litorales activos), costeros y estuarinos que han dado lugar a sistemas dunares, flechas litorales y zonas de marisma, respectivamente.

8.2.1. Sistema Estuarino. Marisma atlántica del río Piedras

Las marismas del río Piedras representan el medio de transición entre el río y el mar. Estas marismas son zonas muy amplias, con una pendiente muy suave, y afectadas por la acción de las mareas, ya que el agua llega a inundar áreas de gran extensión.

Tres son las zonas en las que se puede dividir una marisma:

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- Zona supramareal. Es la zona que limita con tierra firme, y en ella la invasión de la marea sucede de forma excepcional. Se caracteriza por la presencia de una cobertura vegetal representada por especies halófilas, es decir, adaptadas a medios salinos.
- Zona intermareal (*estero*). Es la zona afectada por la oscilación de la marea y está surcada por canales mareales, a través de los cuales se produce la circulación de las aguas. Los sedimentos que constituyen esta zona son arenas, limos y arcillas redistribuidos por las corrientes de marea.
- Zona submareal. Es la zona que se encuentra permanentemente inundada por las aguas.

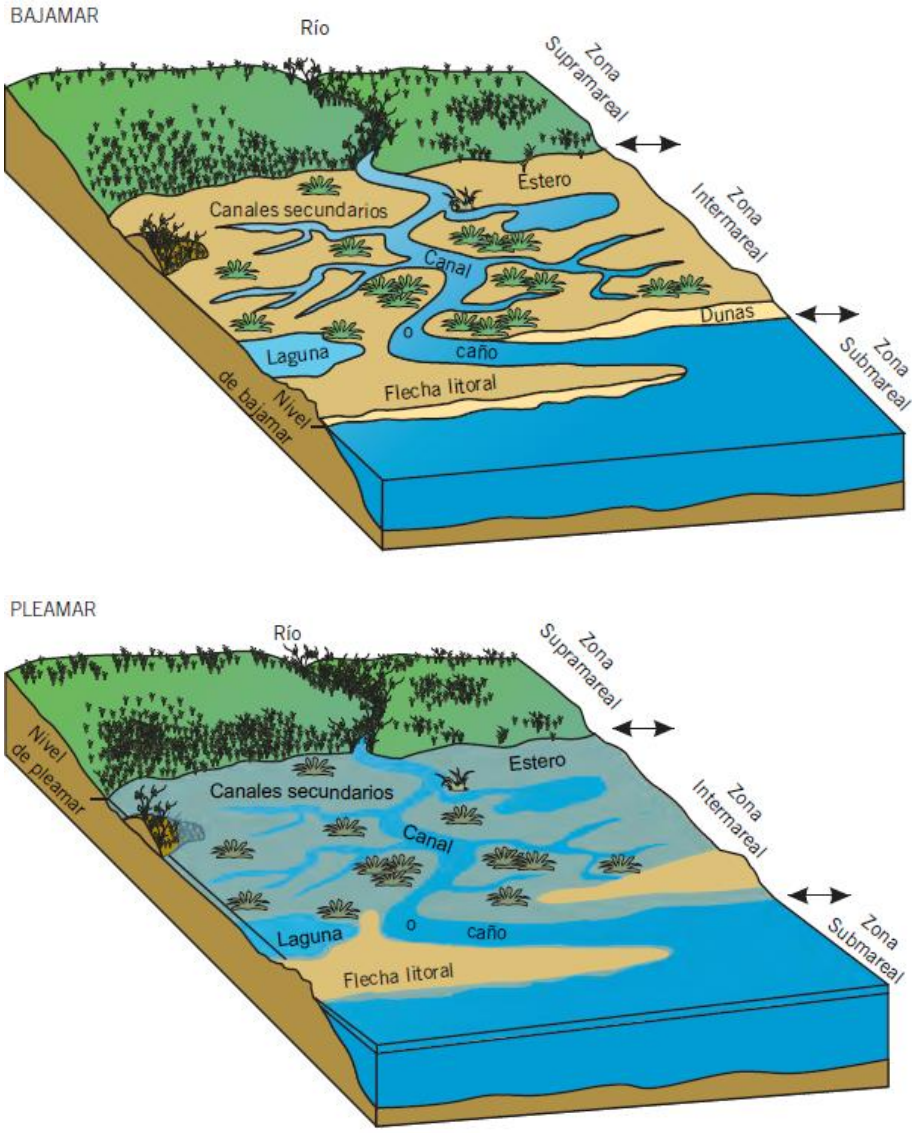


Figura 8.4. Esquema de una marisma (Alicia Serna Barquero).

En la Figura 8.4 se representa una llanura afectada por la acción de las mareas, como puede ser la del río Piedras. El dibujo superior corresponde al estado de la marisma durante el período de bajamar, y el inferior, al de pleamar. En ambos bloques se expresan las zonas y los elementos más representativos.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

8.2.2. Sistema Costero. Flecha litoral del Rompido

El tramo de costa que nos ocupa, como el resto de costas, representa la zona de contacto entre los dominios marino y continental. La configuración de las costas está determinada por la naturaleza de las rocas que la componen y los procesos tectónicos por los que se ven afectadas.

Como se ha visto en anteriores apartados, el agente hidrodinámico más importante es el oleaje, cuya acción sobre el frente litoral es fundamentalmente de carácter erosivo, incidiendo sobre la tierra con gran energía y provocando, por tanto, el desgaste de la misma. El oleaje y las corrientes litorales (deriva litoral) son los causantes principales del modelado de la costa, pues tienen la capacidad de transportar y depositar una gran cantidad de partículas a lo largo de ella, favoreciendo la formación de elementos como flechas litorales o islas barrera. En costas rectilíneas el transporte del sedimento se realiza paralelo a la costa hasta encontrar una bahía o la desembocadura de un río, donde se produce el depósito del material debido a un cambio en la dirección de la corriente, creando bancos de arena adosados a tierra firme.

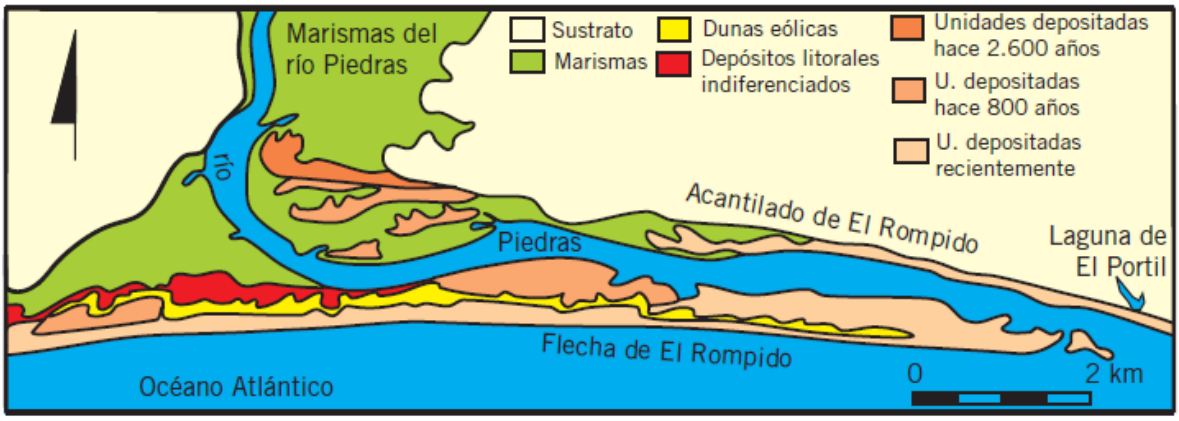


Figura 8.5. Geomorfología del sistema de flecha litoral del río Piedras (Rodríguez Ramírez *et al.*, 2000).

Desde sus primeras etapas de formación, en el interior de la desembocadura del río Piedras ha ido generándose una zona restringida en la que se ha reducido la influencia marina, y se han formado las conocidas marismas del río Piedras. Actualmente, las marismas se encuentran en una fase avanzada de colmatación.

La acción del oleaje y la disponibilidad de sedimento han propiciado el taponamiento de arroyos de pequeña envergadura y carácter estacional que desembocaban directamente en el mar. Este cierre se debe a la formación de cordones litorales y dunas, que dan lugar a las lagunas litorales o lagoons, como es el caso de la laguna de El Portil o la laguna de las Madres.

En la Figura 8.6 se describe la evolución de la flecha del Rompido desde 1862. En el primer dibujo, precisamente de ese año, se puede ver un conjunto de islas barrera dispuesta en la desembocadura del río Piedras y, entre, los bancos, canales que permiten la comunicación entre el medio semi-restringido y el mar abierto.

En el segundo dibujo, se observa cómo en un intervalo de tiempo muy corto, tan sólo 13 años, se produce la unión de las islas arenosas, dando lugar a una flecha litoral que se llamó *Punta del Gato*, a la cual se van a ir añadiendo sedimentos que favorecerán el crecimiento de la flecha hacia el este.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Por último, la tercera imagen refleja la situación de la flecha hace poco más de 60 años. Se aprecia claramente un importante crecimiento de la misma, adquiriendo una configuración muy similar a la actual. Desde entonces hasta ahora la tasa de crecimiento ha sufrido un importante incremento por efecto de la actividad humana.

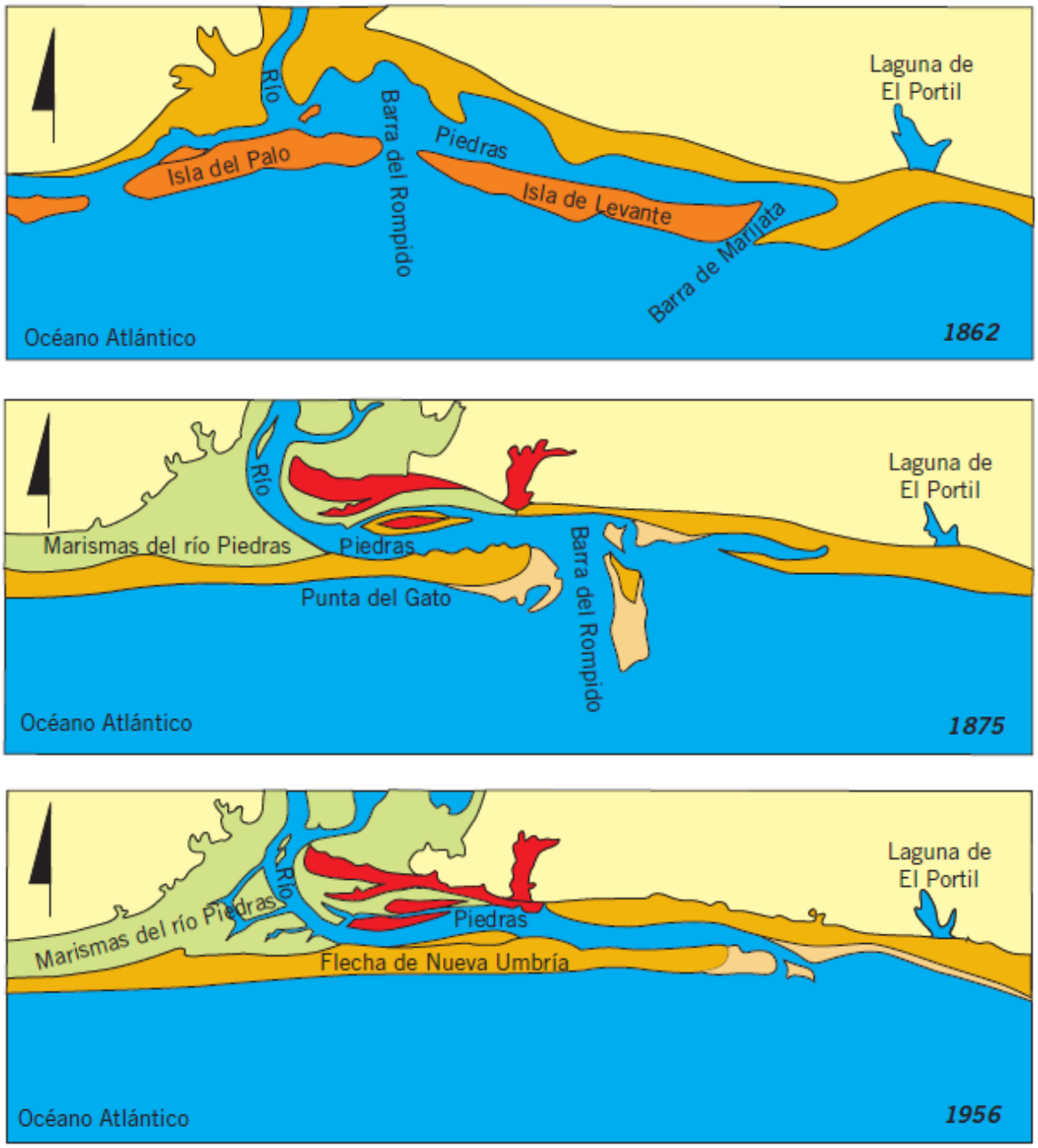


Figura 8.6. Evolución histórica de la flecha litoral del Rompido (Morales *et al.*, 2001).

Desde un punto de vista más actual y local, los fondos marinos de la zona de estudio, como se aprecia en la Figura 8.7, se componen de fangos y arenas finas.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

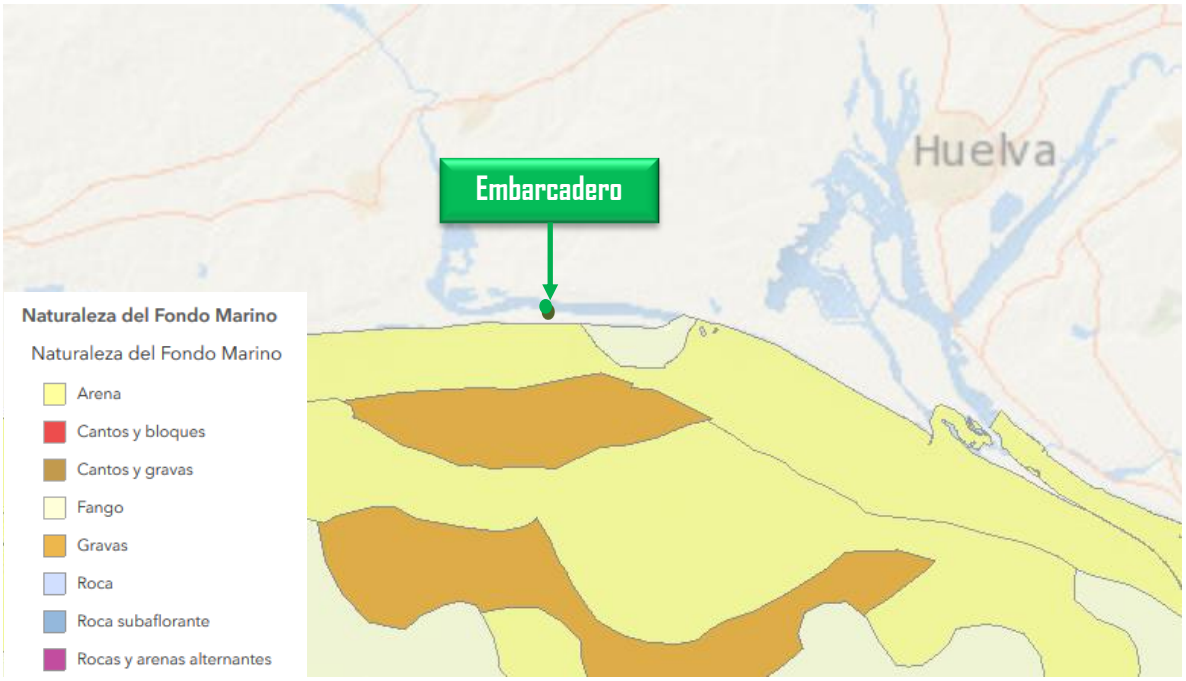


Figura 8.7. Naturaleza de los fondos marinos en la zona de estudio.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

9. CONDICIONES DE LA NATURALEZA Y LA BIOSFERA SUBMARINA. POSIBLE AFECCIÓN A ESPACIOS DE LA RED NATURA 2000 Y ESTRATEGIA MARINA PARA LA DEMARCACIÓN SUDATLÁNTICA

En este apartado se van a analizar las características de la naturaleza en el estuario del río Piedras y la flecha del Rompido, así como en las zonas adyacentes, mediante el estudio de las figuras de protección ambiental (Tabla 9.1). Al final de este apartado se analizarán las posibles afecciones que la ejecución del proyecto pudiese provocar en este entorno.

Figura de protección	Documento de declaración
Paraje Natural Marismas del Río Piedras y Flecha del Rompido (no incluido en la Red Natura 2000)	Ley 2/1989, de 18 de julio, por la que se aprueba el Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección
Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) y Zona de Especial Conservación Para las Aves (ZEPA) Marismas del Río Piedras y Flecha del Rompido (ES6150006)	Disposición transitoria séptima de la Ley 18/2003, de 29 de diciembre, por la que se aprueban medidas fiscales y administrativas
Zona Especial de Conservación (ZEC) Estuario del Río Piedras (ES6150028) (en trámite)	Zonas Especiales de Conservación del Litoral de Huelva y Odiel (Proyecto de Decreto, Borrador 5, Agosto 2017 y Proyecto de Orden, Borrador 4, Mayo 2017)

Tabla 9.1. Figuras de protección en la zona de estudio.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

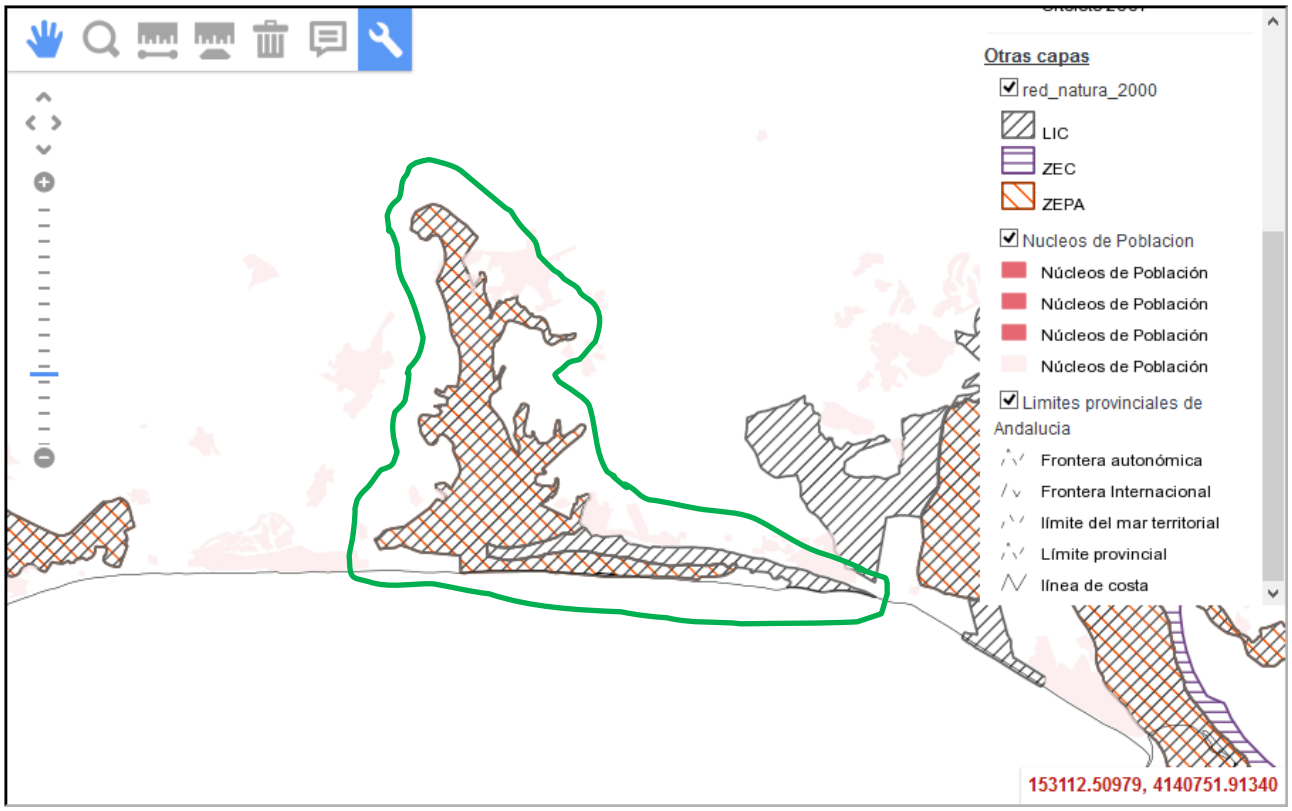


Figura 9.1. LIC y ZEPA Marismas del Río Piedras y Flecha del Rompido. Junta de Andalucía.

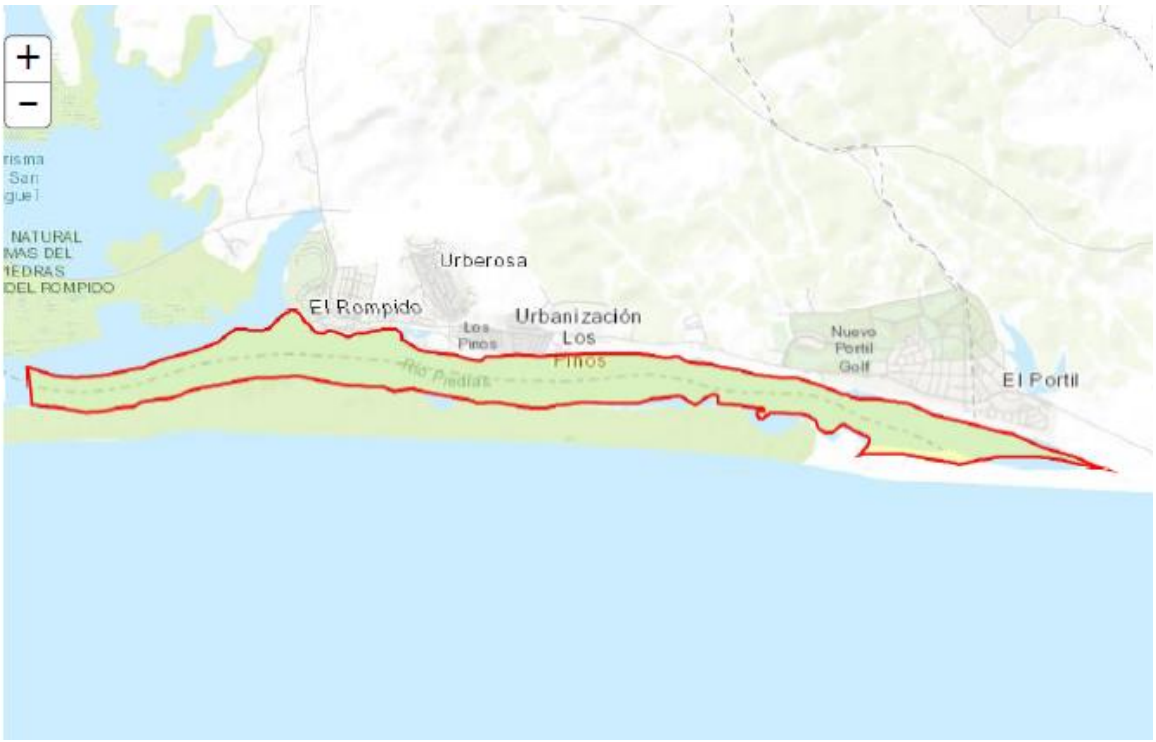


Figura 9.2. ZEC Estuario del Río Piedras (en trámite).

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

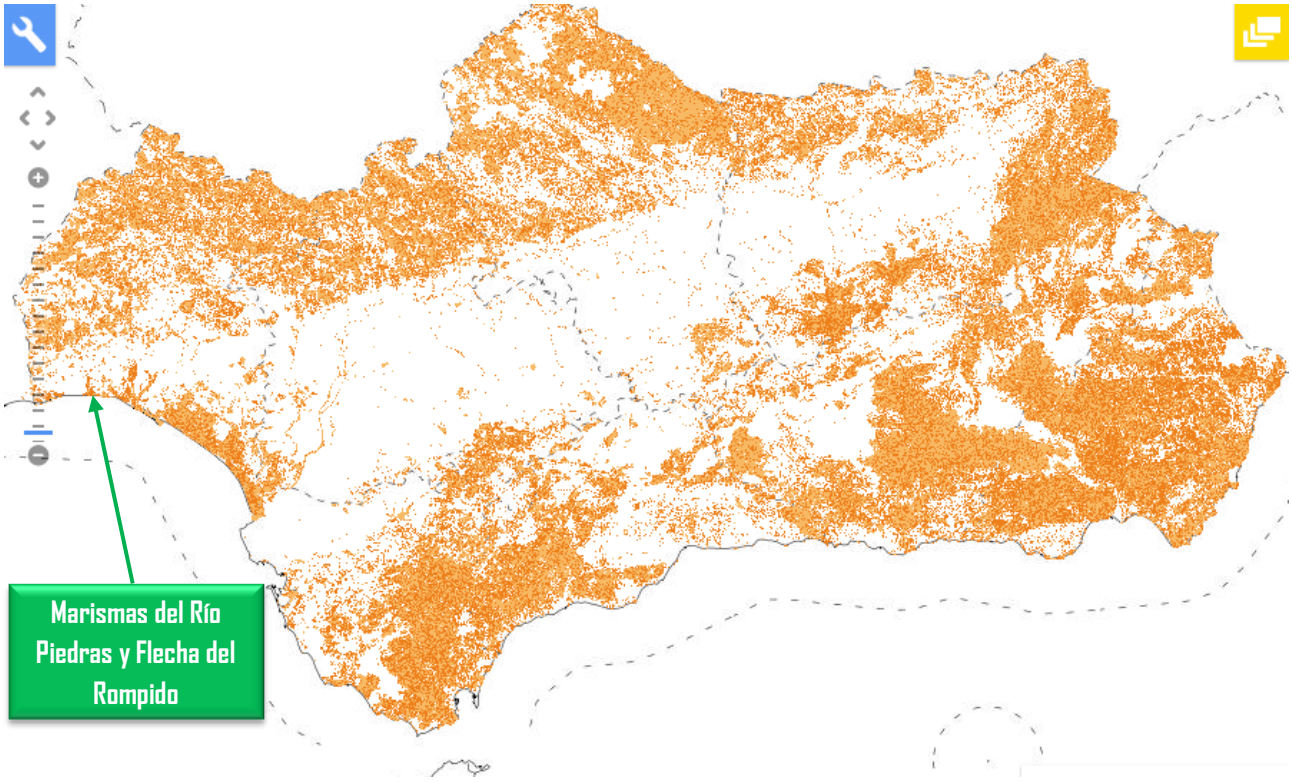
9.1. CONDICIONES DE LA NATURALEZA Y LA BIOSFERA SUBMARINA

A continuación se describen las características ambientales más importantes de la zona de estudio y su entorno. Para una mayor comprensión de las características naturales de la zona objeto de estudio, se van a considerar no sólo las condiciones de la biosfera submarina (ZEC Estuario del Río Piedras –en trámite-), sino también las de la zona emergida (LIC y ZEPA Marismas del Río Piedras y Flecha del Rompido).

9.1.1. Medio terrestre. LIC y ZEPA Marismas del Rio Piedras y Flecha del Rompido (ES6150006)

9.1.1.1. Hábitats de Interés Comunitario (HIC)

En la zona objeto de estudio es posible encontrar hábitats naturales de interés comunitario, según recoge el Anexo I del *Real Decreto 1193/1998, de 12 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, en el que se establecen las medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres*, así como la *Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, conocida como Directiva de Hábitats*.



C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

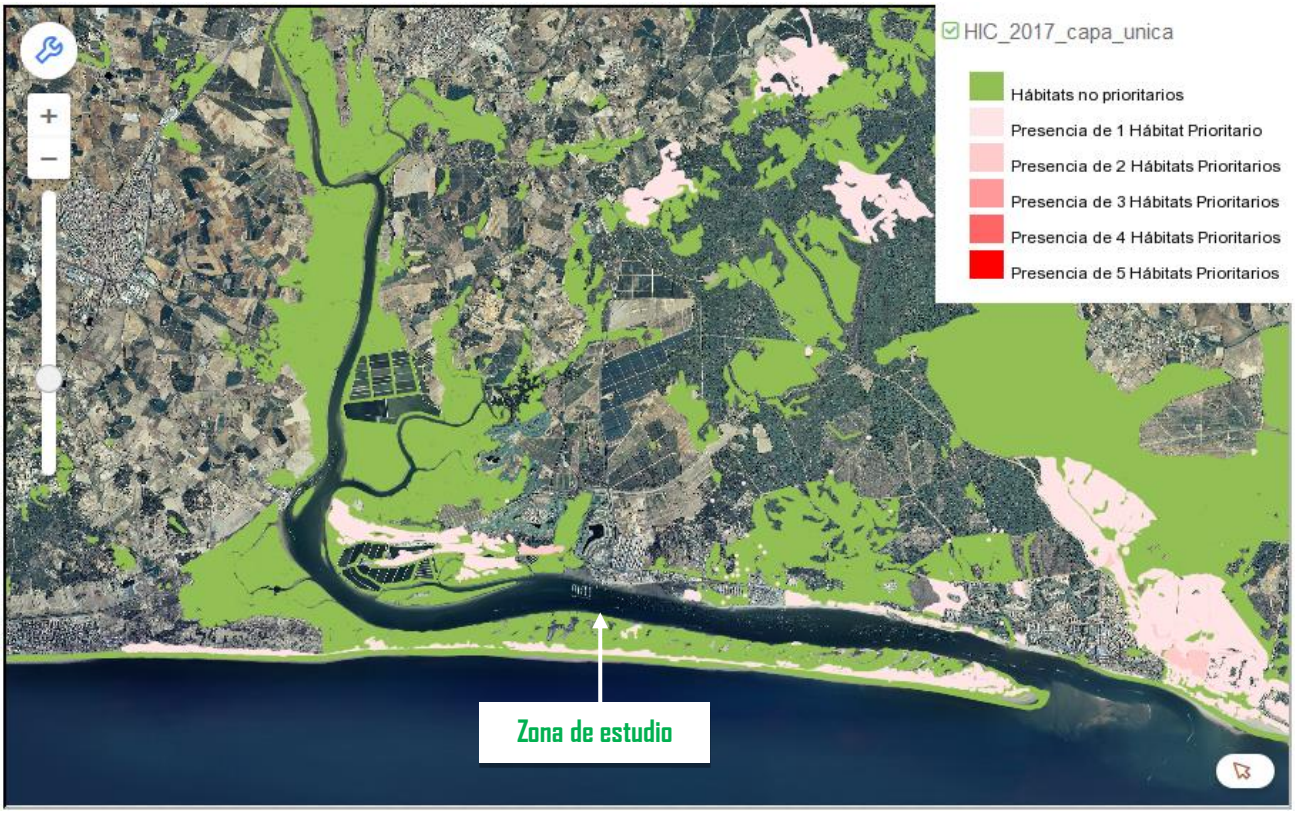


Figura 9.3. Hábitats de Interés Comunitario (HIC) en Andalucía y en la zona de estudio.

Annex I Habitat types						Site assessment			
Code	PF	NP	Cover [ha]	Cave [number]	Data quality	A|B|C|D	A|B|C		
						Representativity	Relative Surface	Conservation	Global
1110					P	D			
1130			293.1		M	D			
1140			242.4		M	B	C	B	B
1150			15.9		M	D			
1210			30.1		M	D			
1310			20.5		M	B	C	B	B
1320			265.0		M	A	B	A	A

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

1420			885.3		M	A	B	A	A
2110			38.0		M	A	B	A	A
2120			88.3		M	A	B	A	A
2130			45.5		M	A	B	A	A
2190			2.4		M	D			
2250			4.3		M	A	C	A	A
2260			170.8		M	D			
2270			51.6		M	A	C	A	A

Tabla 9.2. Tipos de hábitats presentes en el LIC y ZEPA ES6150006, y su evaluación.

1. Hábitats costeros y vegetaciones halofíticas

- 1110 Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda

Se trata de acumulaciones arenosas someras, ligadas al ámbito costero, abiertas o desarrolladas en el interior de ambientes intermedios, preferentemente estuarios, rías y algún tipo de lagunas mareales. Al igual que el hábitat 1140 pueden formar parte del hábitat 1130.

En cuanto a los factores bióticos que los componen, pueden presentarse como fondos desnudos, sin vegetación o con praderas de fanerógamas y algas que enraízan en el sustrato, o epífitas sobre hojas, rizomas o raíces de las fanerógamas. Al igual que en el hábitat 1140 la especie *Zostera noltii* está considerada característica de este hábitat y suele encontrarse habitualmente en él.

En la ZEC donde el sustrato es arenoso o lodoso se han identificado las especies de moluscos bivalvos como *Venus verrucosa* o *Tellina tenuis*.

- 1130 Estuarios

Es un HIC marino que carece de categoría establecida, de relativa rareza en Andalucía, que corresponde en realidad a una gran unidad fisiográfica que siempre incluye otros hábitats ya reconocidos por la Directiva Hábitats en el mismo grupo (Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España, del entonces Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino).

Constituye la desembocadura en el mar del río Piedras, relativamente caudaloso, donde, debido a la influencia de las mareas, se produce la mezcla de aguas dulces y saladas, y la acumulación de sedimentos fluviales debido a la disminución de la corriente.

El sustrato es arenoso en la desembocadura, aumentando el componente fangoso a medida que se remonta hacia el interior.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Dentro del Programa de Gestión Sostenible del Medio Marino Andaluz (2013) se han identificado en la ZEC las siguientes biocenosis:

- Biocenosis de supralitoral de sustrato blando de áreas de desecación lenta (LDL), facies de fangos con *Salicornia y Arthrocnemum*
- Biocenosis de supralitoral de sustrato blando de áreas de desecación rápida (LDR)
- Biocenosis mesolitoral de areas fangosas y fangos de lagunas y estuarios (SVLEM)
- Biocenosis mesolitoral de sustrato blando de arenas (SM)
- Biocenosis de pradera de *Zostera noltii*: *Giraudyo-Zosteretum notii*
- Biocenosis del mesolitoral superior de sustrato duro (RMS)
- Biocenosis del mesolitoral superior de sustrato duro (RMS), facies de *Chthamaletum stellati*
- Biocenosis de la franja mesolitoral inferior de sustrato duro (MRI)
- Biocenosis de la franja mesolitoral inferior de sustrato duro (MRI), facies de *Mytilus galloprovincialis*
- Biocenosis de arenas finas en aguas poco profundas (SFHN)

Según la afección de la marea, se distinguen en este tipo de HIC tres zonas: supramareal (no afectan las mareas), intermareal (entre los límites de la pleamar y la bajamar) e inframareal, siempre sumergida.

Los gradientes que caracterizan este HIC permite la existencia de diferentes comunidades bióticas más o menos interconectadas, así como hábitats de los subgrupos 11, 12, 13 y 14.

El ámbito de esta ZEC se asocia al HIC 1140 Llanos fangosos o arenosos que no están cubiertos de agua cuando hay marea baja y al HIC 1110 Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda. Así estos hábitats ocupan en la ZEC lo que el Formulario Normalizado de Datos Natura 2000 del LIC Estuario del Río Piedras identifica como tipo de hábitat 1130. La especie *Zostera noltii* está considerada característica de ambos hábitats en la zona inframareal.

En la zona intermareal se asocia al HIC 1320 Pastizales de *Spartina* y en la zona supramareal salina, al HIC 1420 Matorrales halófilos mediterráneos y termoatlánticos (*Sarcocornetea fructicosae*), presentando formaciones de plantas crasas.

Este HIC tiene una gran importancia para la fauna, pues alberga una rica comunidad de invertebrados de limos y sedimentos que sostienen otros grupos, destacando las numerosas aves como las limícolas y las gaviotas.

- <u>1140 Llanos fangosos o arenosos que no están cubiertos de agua cuando hay marea baja</u>

Se corresponde con fondos arenosos-limosos o limosos por aportes de ríos cuando el sustrato se estabiliza. Se hallan emergidos durante la marea baja y pueden formar parte del hábitat 1130, como se ha descrito. Se excluyen de este tipo de hábitats las praderas de *Spartina* (HIC 1320).

Este HIC es frecuentemente tapizado por fanerógamas marinas, como la *Zostera noltii*, aunque la cobertura vegetal desaparece en muchas zonas por acción del oleaje, entre otras causas.

Las comunidades faunísticas que alberga incrementan su biodiversidad y biomasa conforme aumenta la proporción de limos y disminuye la acción del oleaje. Es frecuente la presencia del poliqueto *Arenicola maritima*, además de numerosos bivalvos, gasterópodos o crustáceos, que constituyen el recurso alimenticio para

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

diferentes especies de aves costeras como el ostrero (*Haematopus ostralegus*), el chorlitejo patinegro (*Charadrius alexandrinus*) y los charranes (*Sterna sp.*).

- 1150 Lagunas costeras **(Hábitat Prioritario)**

Medios acuáticos adyacentes a las costas marinas entre los que se incluyen lagunas, lucios, albuferas, llanuras de inundación y salinas naturales con intervención antrópica, con aguas de carácter somero y salobre. Tanto el nivel de salinidad como el volumen de agua es variable, pudiéndose encontrar aislados parcial o totalmente con el mar por bancos de arena, grava o rocas. Estos medios pueden presentar o no vegetación acuática sumergida de carácter halófito. Entre la fauna que vive en estos medios destacan los invertebrados plantónicos y bentónicos y las aves, como el flamenco (*Phoenicipterus ruber*), cigüeñuela (*Himantophus himantophus*), etc.

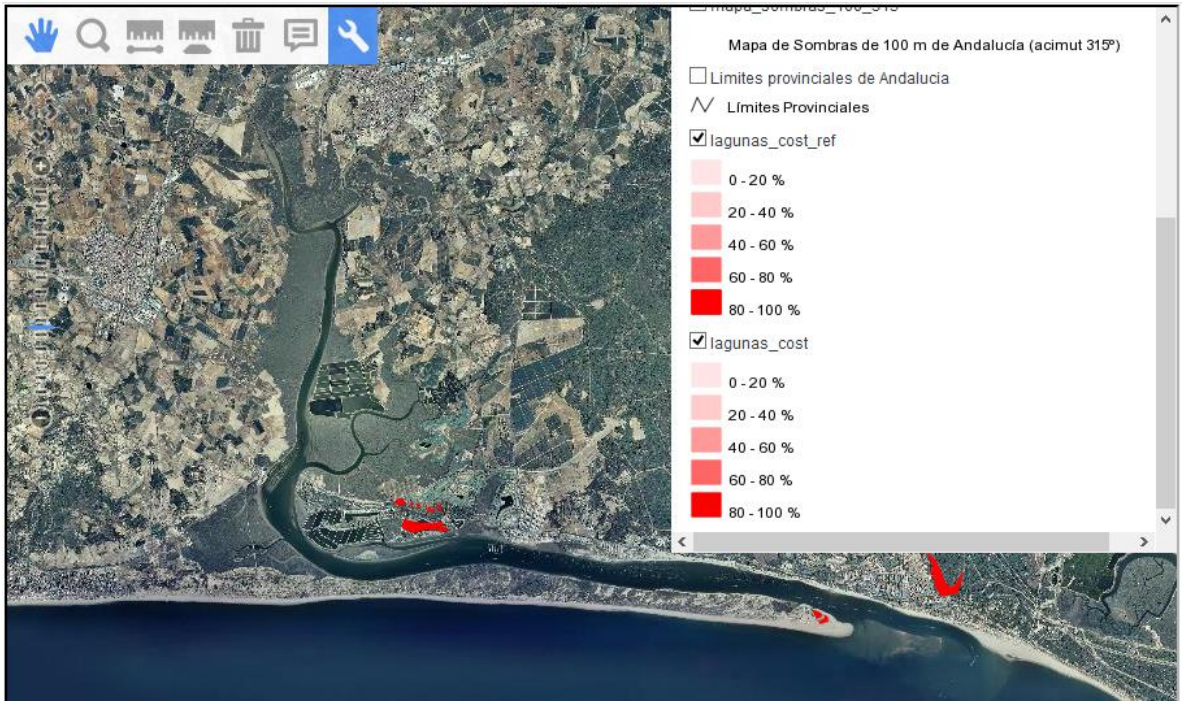


Figura 9.4. Lagunas costeras.

- 1210 Vegetación anual sobre desechos marinos acumulados

Comunidades vegetales de carácter efímero y pionero que se desarrollan sobre restos orgánicos (algas, fanerógamas marinas, desechos de origen antrópico, restos de animales, etc.) en la zona litoral y playas, tanto sobre sustratos arenosos como guijarrosos, depositados por las corrientes, el oleaje y las mareas. Esta vegetación está adaptada a condiciones muy extremas como alta salinidad, sustratos ricos en nitrógeno, inestabilidad del sustrato, alta insolación, viento, etc. Entre las especies vegetales, que aunque muy específicas de

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

este hábitat tienen en ocasiones carácter cosmopolita, destacan *Sporobolus pungens*, *Cakile marítima*, *Eryngium maritimum*,*Salsola kali*, etc.

Respecto a la fauna, destacan los invertebrados, especialmente crustáceos, artrópodos, moluscos, etc., con especies exclusivas de estos medios. Los vertebrados son poco abundantes, aunque son frecuentemente visitados por aves costeras como gaviotas y chorlitejos.

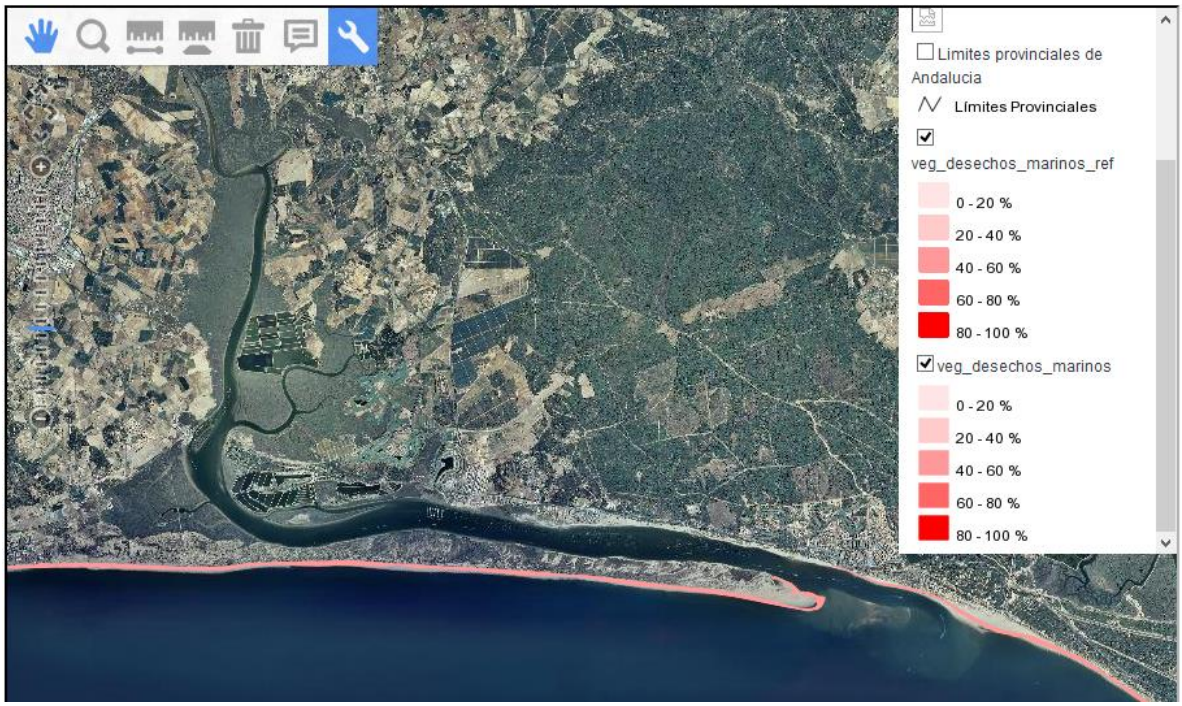


Figura 9.5. Vegetación anual sobre desechos marinos acumulados.

- 1310 Vegetación anual pionera con *Salicornia* y otras especies de zonas fangosas o arenosas

Formaciones constituidas por plantas anuales pioneras, fundamentalmente quenopodiáceas, gramíneas y amarantáceas halonitrófilas, que se desarrollan en suelos salinos, limo-arcillosos o arenosos, desnudos, poco evolucionados, que temporalmente pueden encontrarse encharcados, en las orillas o sobre el sedimento de humedales salinos temporales. Aparecen es espacios abiertos de marismas y saladares costeros, así como zonas temporalmente inundadas de los bordes de lagunazos y charcas temporales de aguas salinas o salobres, tanto en zonas costeras como en saladares interiores. Entre las especies propias del HIC que aparecen en nuestra región se encuentran *Salicornia ramosissima*, *Cressa cretica*, *Suaeda splendens*, *Salsola soda*, *Puccinellia maritima*, *Spergularia marina*, *Frankenia laevis*, *Suaeda maritima*, *Halimione portulacoides*, *Plantago marítima*, *Halopeplix amplexicaulis*, *Polypogon maritimus*, *Spergularia maritima*, *Frankenia pulverulenta*, etc. Este hábitat presenta avifauna asociada, como la cigüeñuela y la garceta común.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

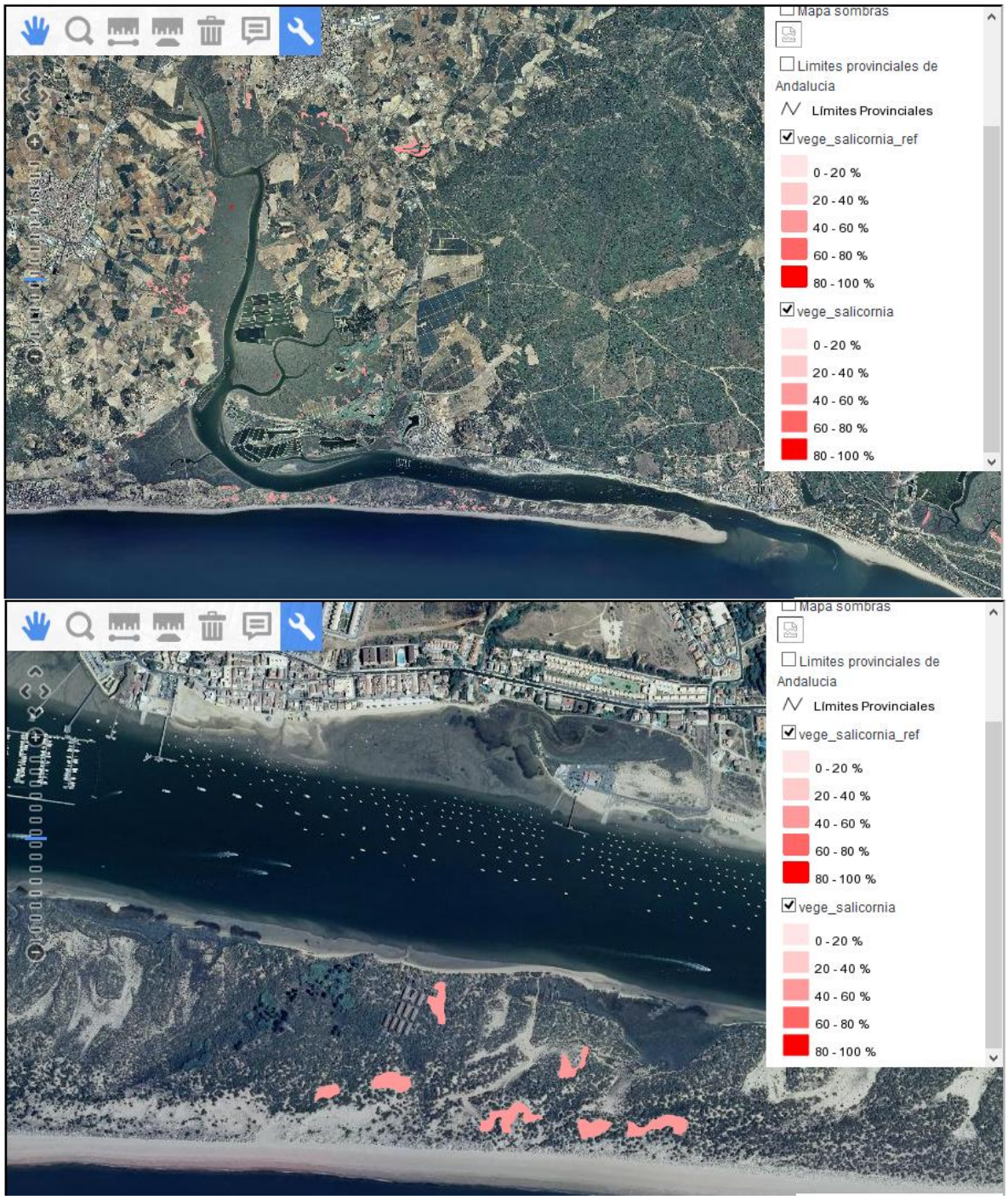


Figura 9.6. Vegetación anual pionera con Salicornia y otras especies de zonas fangosas o arenosas.

- 1320 Pastizales de *Spartina* (*Spartinion maritimi*)

Formaciones vegetales pioneras dominadas por gramíneas del género *Spartina*, hierbas perennes rizomatosas primocolonizadoras, que habitualmente se presentan en forma de praderas densas monoespecíficas, colonizando sedimentos salinos limo-arcillosos (fangos anóxicos y reducidos) de la zona intermareal, en estuarios, marismas y bahías de aguas tranquilas. La vegetación puede encontrarse sumergida o emergida, en función de la variación de altura de las aguas debido a las mareas. En la Península Ibérica, la especie autóctona de

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

estos medios es *Spartina maritima*, que puede verse total o parcialmente desplazada por taxones invasores del mismo género, en el caso de la comunidad Andaluza, *Spartina densiflora*. Las formaciones de *Spartina maritima* se comportan como comunidad pionera que estabiliza los sedimentos litorales. En este tipo de hábitat es característica la avifauna, particularmente limícolas, que nidifican y/o acuden para alimentarse durante la bajamar.

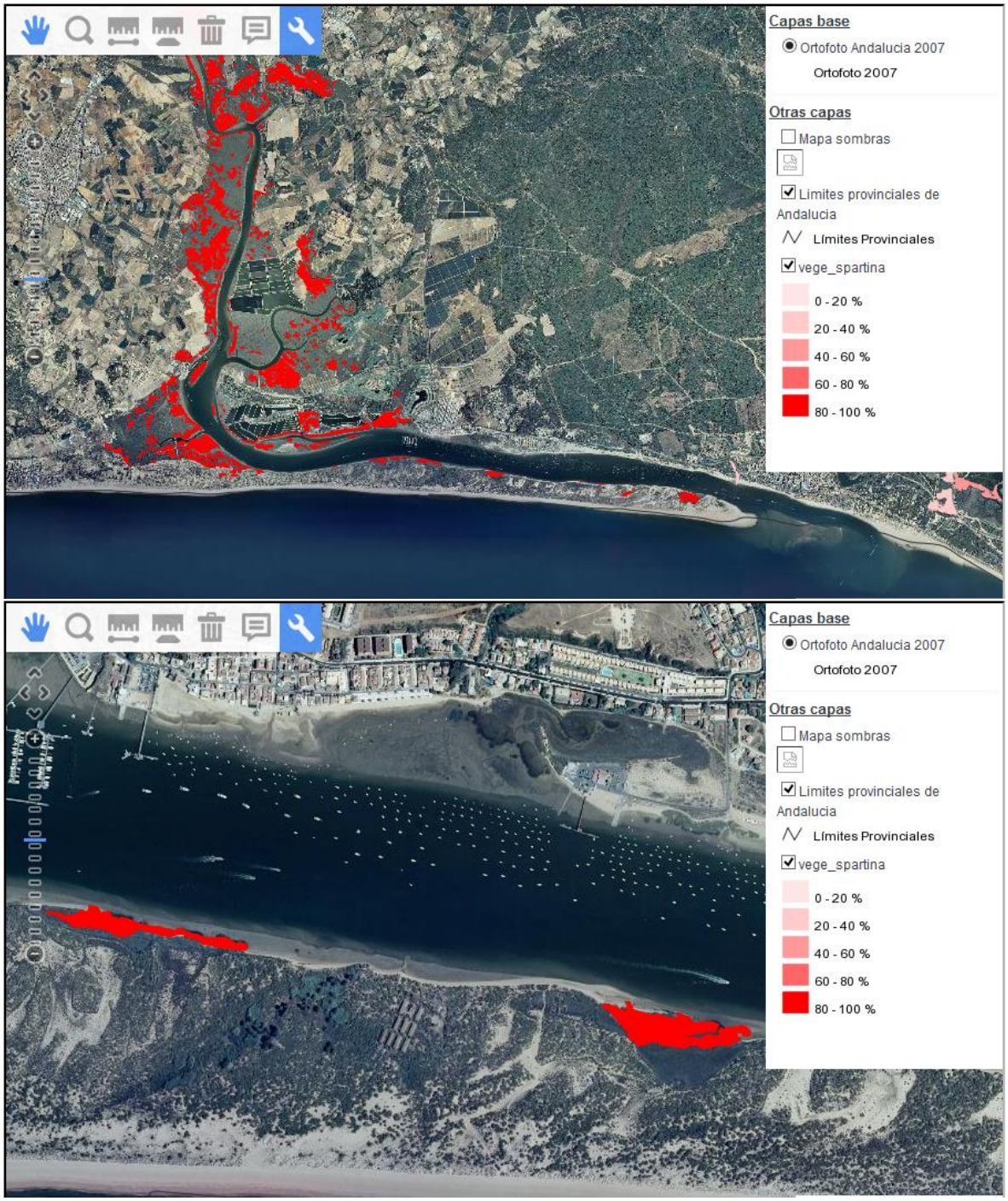


Figura 9.7. Pastizales de *Spartina* (*Spartinion maritimi*).

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- 1420 Matorrales halófilos mediterráneos y termo-atlánticos (Sarcocornetea fructicosae)

Comunidades de matorral crasifolio halofítico dominado por quenopodiáceas, con una diversidad de especies variable. Pueden estar acompañadas de pastizales anuales de gramíneas y leguminosas, ya que propician unas condiciones respecto a presencia de materia orgánica, acumulo de suelo, precipitación de sales, etc. que favorecen el establecimiento de los mismos. Se desarrollan en suelos húmedos y muy salinos, tanto litorales (marismas, saladares litorales y bahías) como interiores (bordes de lagunas salobres, charcas endorreicas, etc.) y con distribución mediterránea-atlántica. En marismas y bahías, estas formaciones pueden sufrir una ligera inundación durante pleamar, viviendo sobre suelos húmedos o muy húmedos y marcadamente salinos, por lo general sin mezcla de agua dulce. En el interior ocupan bordes de lagunas salobres, charcas endorreicas, etc., recibiendo inundación en invierno, pero con marcada desecación estival. Los géneros *Sarcocornia* (*S. fruticosa, S. perennis, alpini*), *Salicornia* (*S. ramosisima, S. patula*) y *Suaeda* (*S. pruinosa, S. vera subsp. vera*) caracterizan el hábitat, siendo frecuentemente también *Limonium cossonianum* y *Arthrocnemum macrostachyum*.

Este hábitat no posee una macrofauna específica, sino que es común a la del complejo de marismas o de lagunas interiores.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

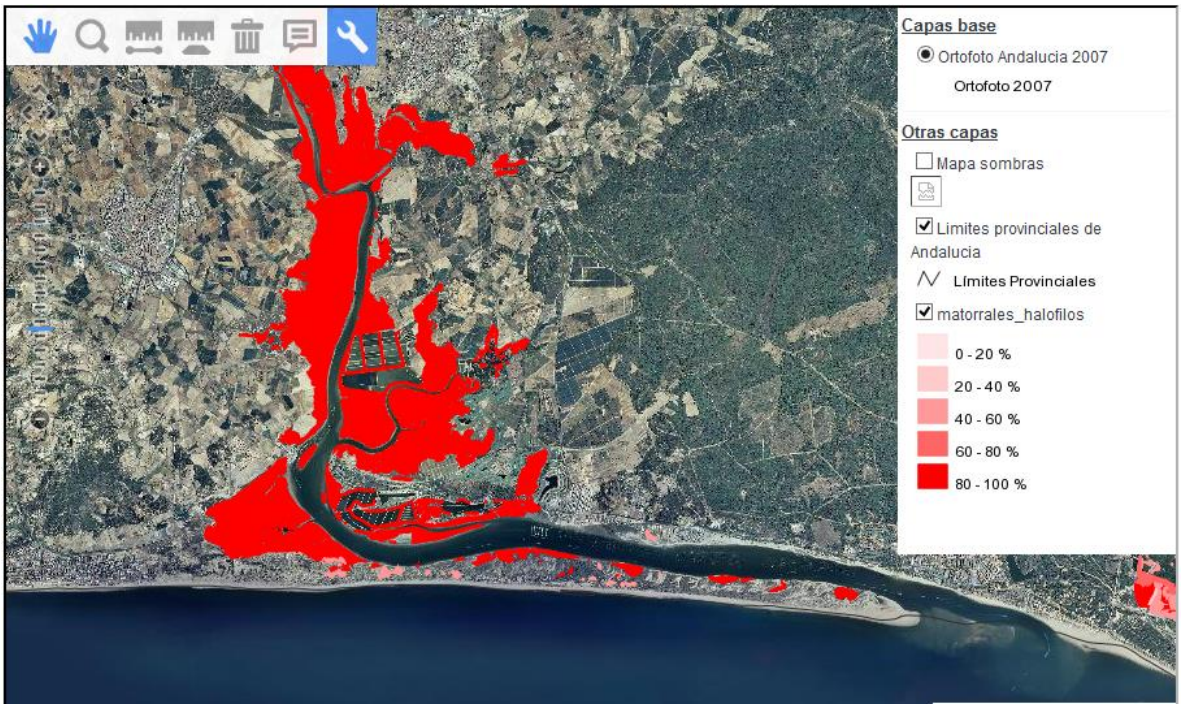


Figura 9.8. Matorrales halófilos mediterráneos y termo-atlánticos (*Sarcocornetea fructicosae*).

2. Dunas marítimas y continentales

- 2110 Dunas móviles embrionrias (**Hábitat Prioritario para Andalucía**)

Hábitat constituido por acumulaciones arenosas de carácter incipiente y escasa altura que constituyen los primeros estadios de las formaciones dunares. Se localiza en las partes altas de la playa en transición al primer cordón dunar. Si no existen transformaciones importantes constituye una primera banda de vegetación colonizadora de arenas móviles tras la línea superior del alcance de las olas. Estas comunidades vegetales se componen de plantas herbáceas perennes, con estolones y rizomas, capaces de soportar la alteración por la movilización constante de la arena causada por el viento. En Andalucía son especies características *Elymus farctus subsp. boreali-atlanticus, Elymus farctus subsp. farctus y Cyperus capitatus, junto a especies litorales como Pancratium maritimum, Eryngium maritimum, Euphorbia paralias* y *Polygonum maritimum*. La fauna de estas acumulaciones arenosas móviles es escasa y está representada por invertebrados (escarabajos), reptiles como *Acanthodactylus erythrurus* (lagartija colirroja), *Tarentola mauritanica* (salamanquesa) o *Malpolon monspessulanus* (culebra bastarda) y pequeños mamíferos como *Lepus granatensis* (liebre ibérica). Son lugares utilizados como descansaderos por diversas aves marinas.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

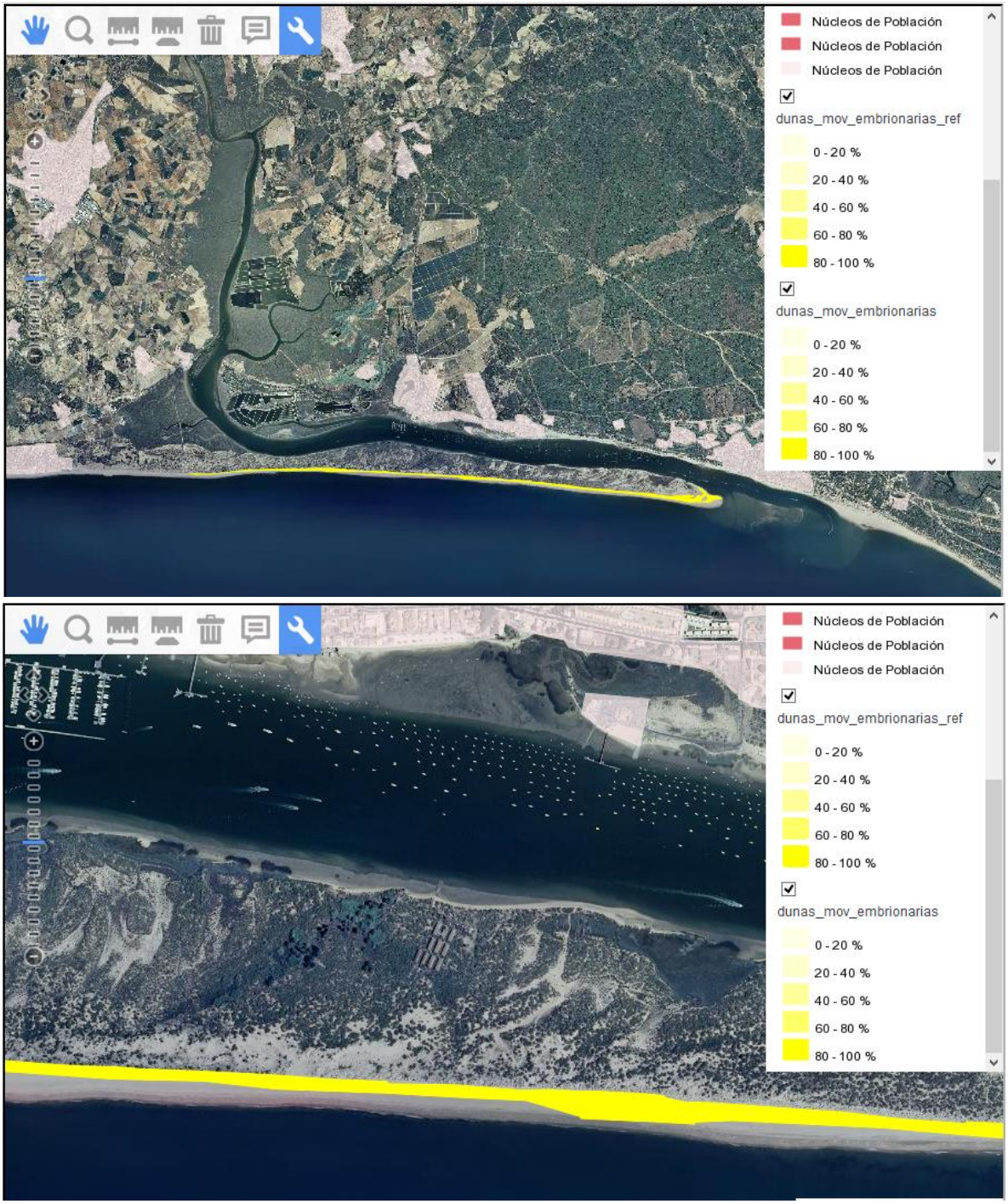


Figura 9.9. Dunas móviles embrionarias.

- 2120 Dunas móviles de litoral con *Ammophilaarenaria* (dunas blancas) (**Hábitat Prioritario para Andalucía**)

Acumulaciones grandes y móviles de arena que constituyen el primer cordón dunar (dunas blancas) en las costas, tanto atlánticas como mediterráneas, siendo la etapa previa a la fijación de las dunas. Se desarrollan a cierta distancia de la orilla, donde el equilibrio entre la fuerza del viento y el peso y rozamiento de la arena es el adecuado para que se produzcan estos montículos. En ellas la acumulación de materia orgánica es incipiente.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Están colonizadas principalmente por comunidades herbáceas vivaces, siendo característico el barrón (*Ammophila arenaria subsp. arundinacea*), responsable de la fijación de estos sistemas dunares. Otras especies acompañantes son las leguminosas *Lotus creticus* y *Otanthus maritimus*. Desde un punto de vista faunístico son destacables los coleópteros como el carábido (*Sacarites gigas*) o la cicindela (*Cicindela flexuosa*), y los lepidópteros cuyas larvas utilizan como base nutricional algunas plantas de estos medios. También aparecen reptiles como la lagartija colilarga (*Psammodromus algirus*) y aves que visitan la duna ocasionalmente y que la utilizan como descansadero u oteadero.

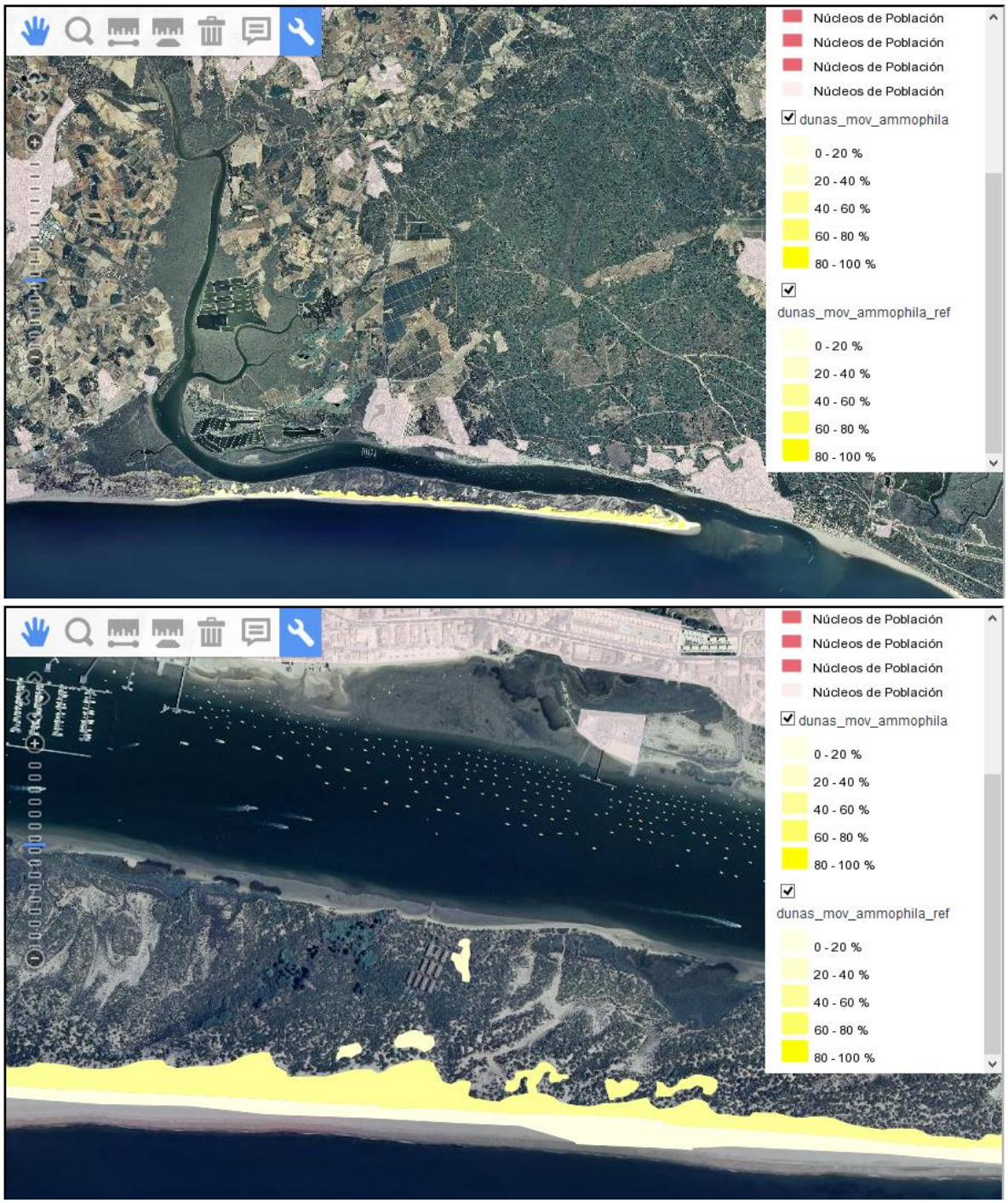


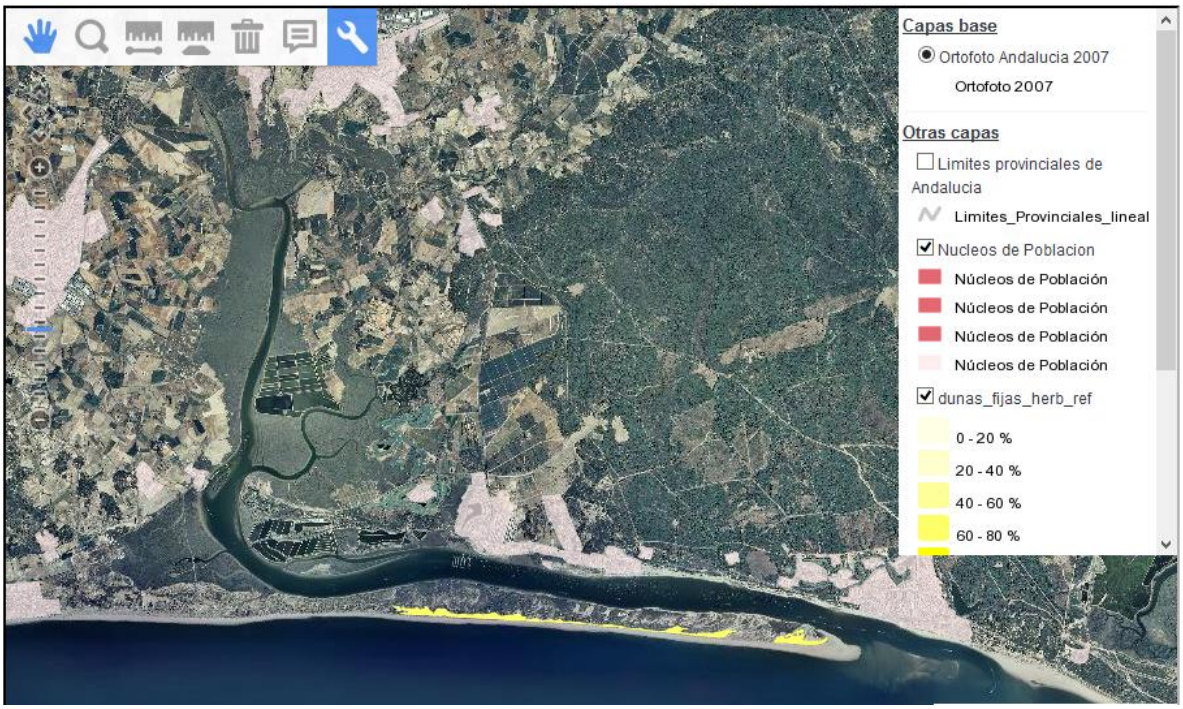
Figura 9.10. Dunas móviles de litoral con *Ammophila arenaria* (dunas blancas).

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- 2130 Dunas costeras fijas con vegetación herbácea (dunas grises) (**Hábitat Prioritario**)

Este hábitat constituye la tercera banda del gradiente dunar (dunas grises) de las costas atlánticas que se localiza tras las dunas móviles con *Ammophila arenaria*. En ellas, la intensidad del viento disminuye y permite la estabilización del sustrato y la acumulación de materia orgánica, lo que favorece la adquisición de tonalidades más oscuras, grisáceas. No obstante, estos suelos incipientes son muy pobres y la influencia del viento es importante, por lo que su acción y su aporte de aerosoles salinos, impide la evolución hacia una vegetación más madura. No presenta encharcamiento temporal ni suelos húmedos. En Andalucía se caracteriza por la presencia de los taxones psamófilos *Artemisia crithmifolia*, *Armeria pungens* y *Helichrysum picardii*. Desde un punto de vista faunístico algunos representantes típicos son la salamanquesa común (*Tarentola mauritanica*), la cogujada montesina (*Galerida theklae*) y el chotacabras gris (*Caprimulgus europaeus*).

En el gradiente litoral se sitúa entre las dunas blancas (2120) y las comunidades leñosas de dunas maduras (2250, 2260).



C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

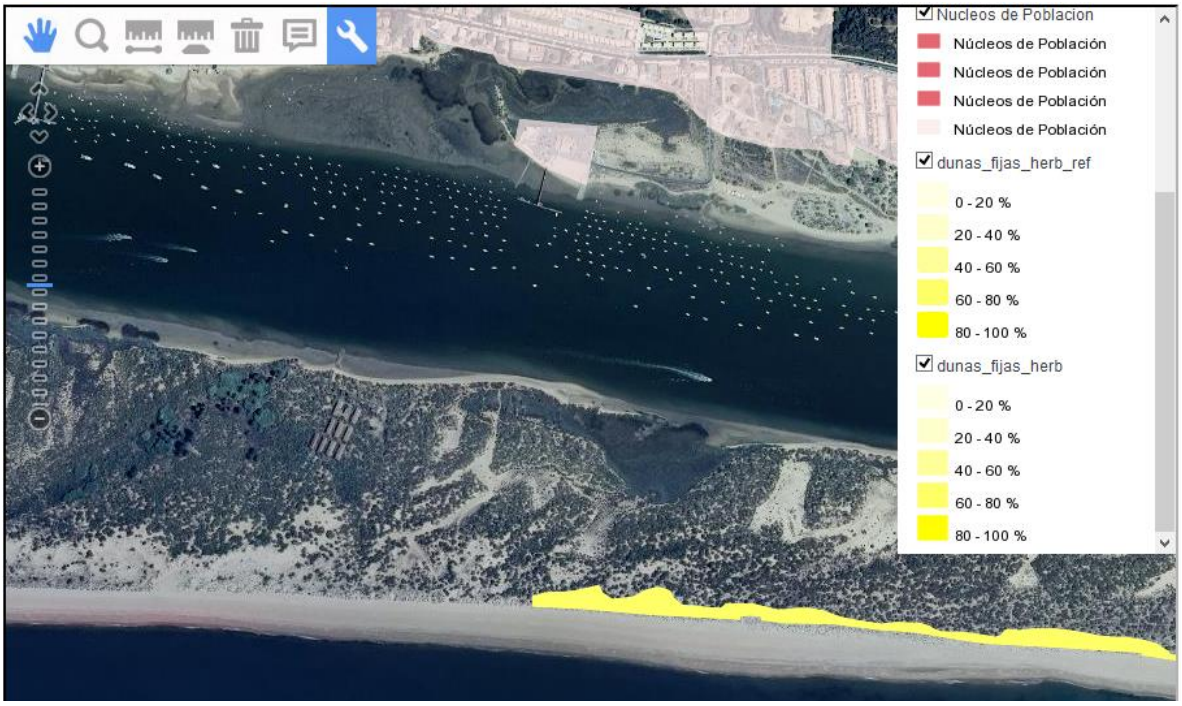


Figura 9.11. Dunas costeras fijas con vegetación herbácea (dunas grises).

- 2190 Depresiones intradunares húmedas (**Hábitat Prioritario para Andalucía**)

Zonas deprimidas en el interior de los cordones dunares litorales, con influencia constante de agua edáfica o incluso con encharcamiento temporal o permanente. Correspondería a las depresiones interdunares desarrolladas entre cordones de dunas o entre edificios dunares individuales, afectadas por el ascenso del nivel freático durante los períodos húmedos, en los que se llega a un encharcamiento temporal o permanente.

La vegetación de estos medios es variable, al tratarse de un tipo de hábitat complejo, y va a depender de distintas características ecológicas como del nivel freático que presente la depresión, de la duración del encharcamiento de la misma, o del grado de salinidad del agua, pudiendo estar formadas por matorrales como zarzas, adelfas o tarajes, juncales o pastos higrófilos hasta vegetación de lagunas, tanto de agua dulce, salobre o incluso de lagunas litorales.

La fauna asociada a este HIC es igualmente rica y variada en función de las características del mismo, destacando los insectos (Odonatos, dípteros y coleópteros acuáticos), aves, otra fauna de formaciones cercanas que aprovechan el recurso hídrico de estos medios

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

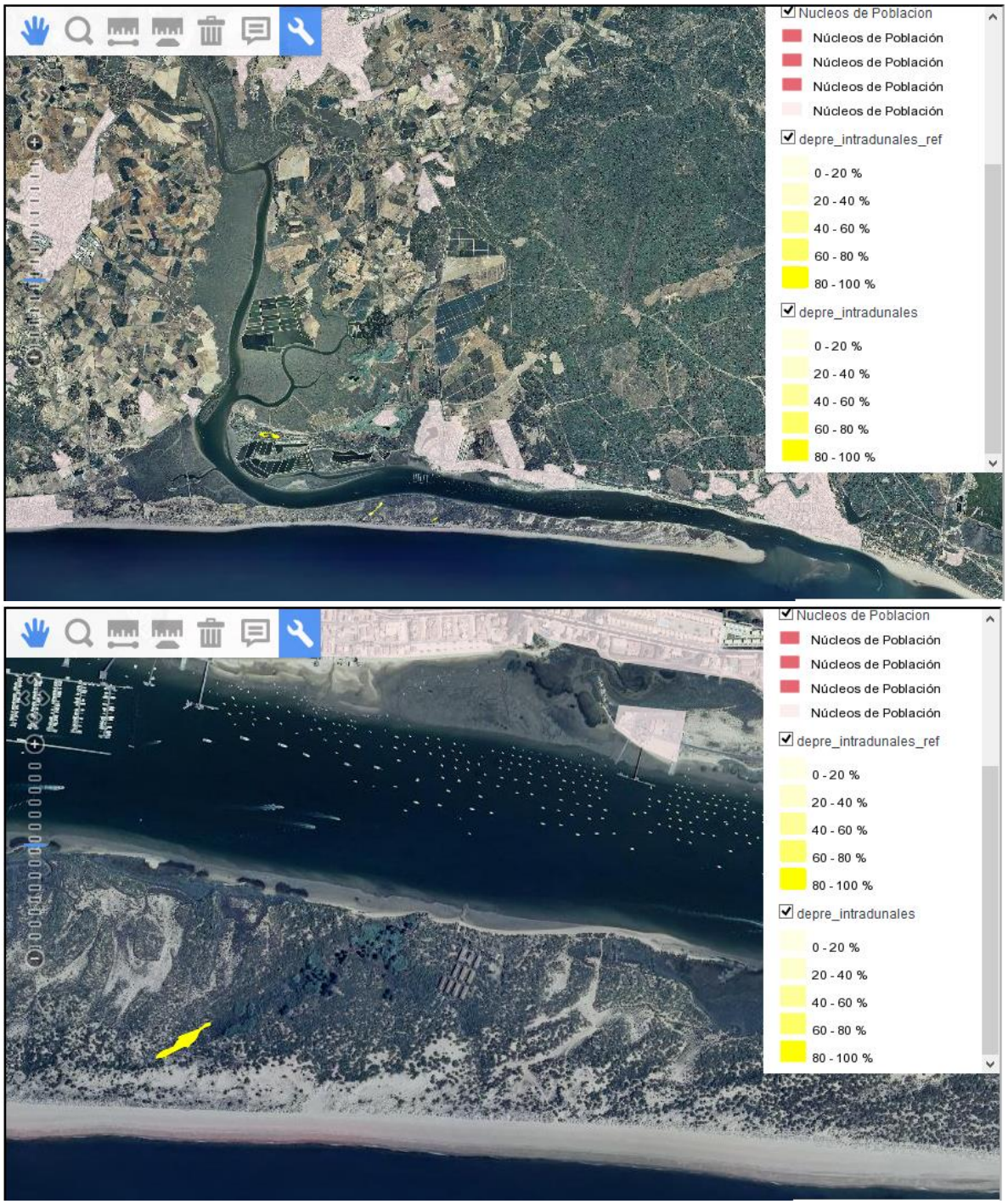


Figura 9.12. Depresiones intradunares húmedas.

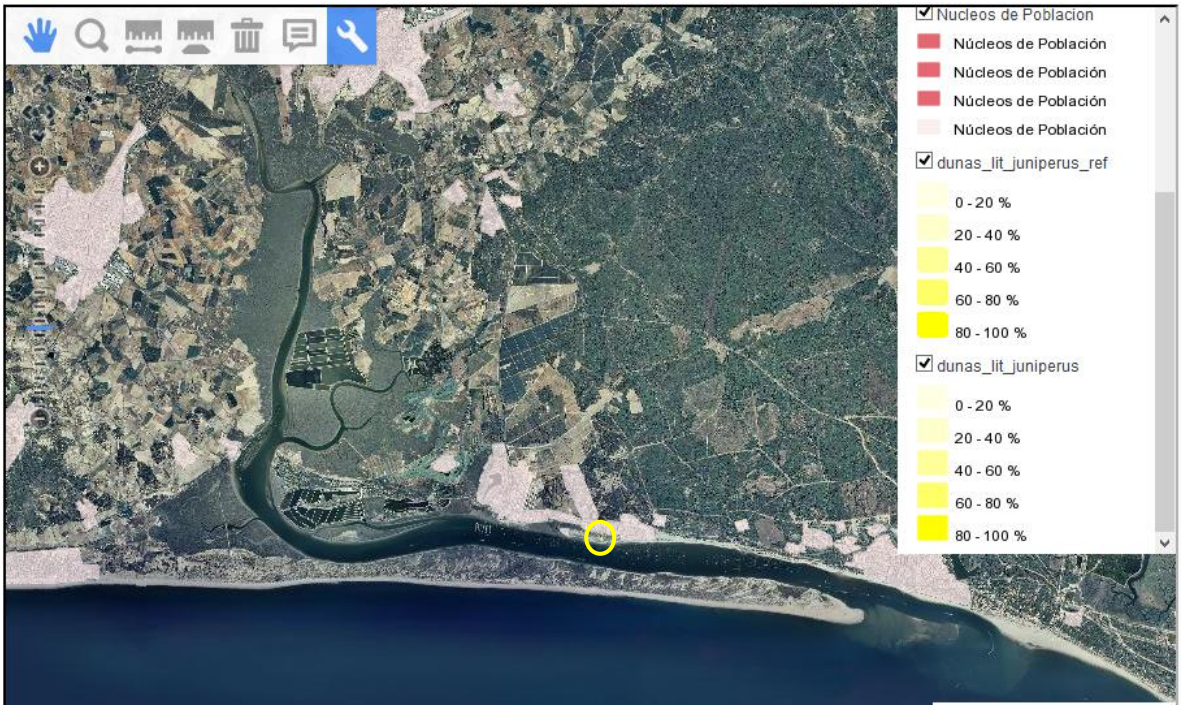
- 2250 Dunas litorales con *Juniperus spp* (**Hábtat Prioritario**)

Hábitat que engloba los bosquetes de enebros y sabinas costeros, que constituyen la formación más interior de todo el sistema dunar y representan el óptimo de las series de vegetación de los sistemas dunares. Se desarrollan sobre suelos arenosos completamente estabilizados en los que tiene lugar cierta acumulación de materia orgánica. En las dunas estabilizadas de los complejos dunares mejor conservados es posible encontrar

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

dos bandas de vegetación, una de enebral (*Juniperus oxycedrus subsp. macrocarpa*), más cercana al mar, que aún se encuentra sometida a la influencia de los vientos marinos, y otra de sabinar (*J. phoenicea subsp. turbinata*), la más interior, que contacta con la vegetación de suelos no dunares. Los enebrales donde predomina la presencia del enebro marítimo se presentan en las crestas de sistemas de dunas móviles caracterizados por una elevada influencia del aerosol marino cargado de sales, alta movilidad del sustrato, escasez de nutrientes y una baja disponibilidad de agua. En otras ocasiones, pueden desarrollarse en las partes altas de acantilados creciendo en los primeros metros, ocupando cárcavas y taludes, como es el caso de los acantilados de Conil-Chiclana y los de Barbate en la provincia de Cádiz y los acantilados de Mazagón en la provincia de Huelva.

Desde el punto de vista faunístico destacan, entre las aves, el alcaudón común (*Lanius senator*). Gran número de aves, y algunos mamíferos como los zorros, consumen los frutos de sabinas y enebros.



C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Figura 9.13. Dunas litorales con *Juniperus spp.*

- 2260-I Tomillares y matorrales de arenales interiores mediterráneos (**Hábitat Prioritario para Andalucía**)

Matorrales esclerófilos o laurifolios de talla variable y florísticamente diversos de los cordones dunares más estabilizados de las costas atlánticas y las mediterráneas. En las dunas maduras, ocupan claros de enebrales, sabinares o pinares, y en caso de degradación, los reemplazan. En la parte más interna de las dunas grises, se presentan como etapa más evolucionada y de mayor porte que la vegetación característica de los hábitats 2130 y 2210. En las costas atlánticas estos matorrales se caracterizan por la presencia de la camarina, *Corema album*, y *Halimium halimifolium, Stauracanthus genistoides, Armeria velutina*, etc, mientras que en las mediterráneas son frecuentes *Teucrium dunense, Halimium halimifolium, Helichrysum decumbens*, etc. Entre la fauna que aparece en este tipo de hábitat son destacables especies como la lagartija colirroja (*Acanthodactylus erythrurus*) y la tortuga mora (*Testudo graeca*). Además, se trata de uno de los tipos de hábitat dunar con mayor diversidad de especies nidificantes, migrantes o invernantes, dada la diversidad de estratos presentes y las oportunidades que los frutos de las plantas de matorral ofrecen a las aves.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Figura 9.14. Tomillares y matorrales de arenales interiores mediterráneos.

- 2260-2 Matorrales altos escleróphilos sobre dunas litorales (**Hábitat Prioritario para Andalucía**)

Comunidades arbustivas o semiarborescentes que se desarrollan sobre sistemas de dunas y arenales litorales, ocupando dunas estabilizadas. Entre las comunidades que se incluyen en este HIC están los retamares de retama blanca, así como otras formaciones encuadrables en los sintáxones *Retamion sphaerocarpae*, *Asparago albi-Rhamnion oleoidis* y *Ericion arboreae*, o simplemente formaciones con entidad suficiente dominadas por especies características de estos grupos fitosociológicos. Entre las especies más frecuentes en estos matorrales se encuentran la retama blanca (*Retama monosperma*), el lentisco (*Pistacia lentiscus*), brezos blanco (*Erica arbórea*), *Phillyrea, Rhamnus*, así como madroño (*Arbutus unedo*) o arrayan (*Myrtus communis*). Los reptiles como las lagartijas e incluso el camaleón, y las aves son los grupos faunísticos más destacados.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

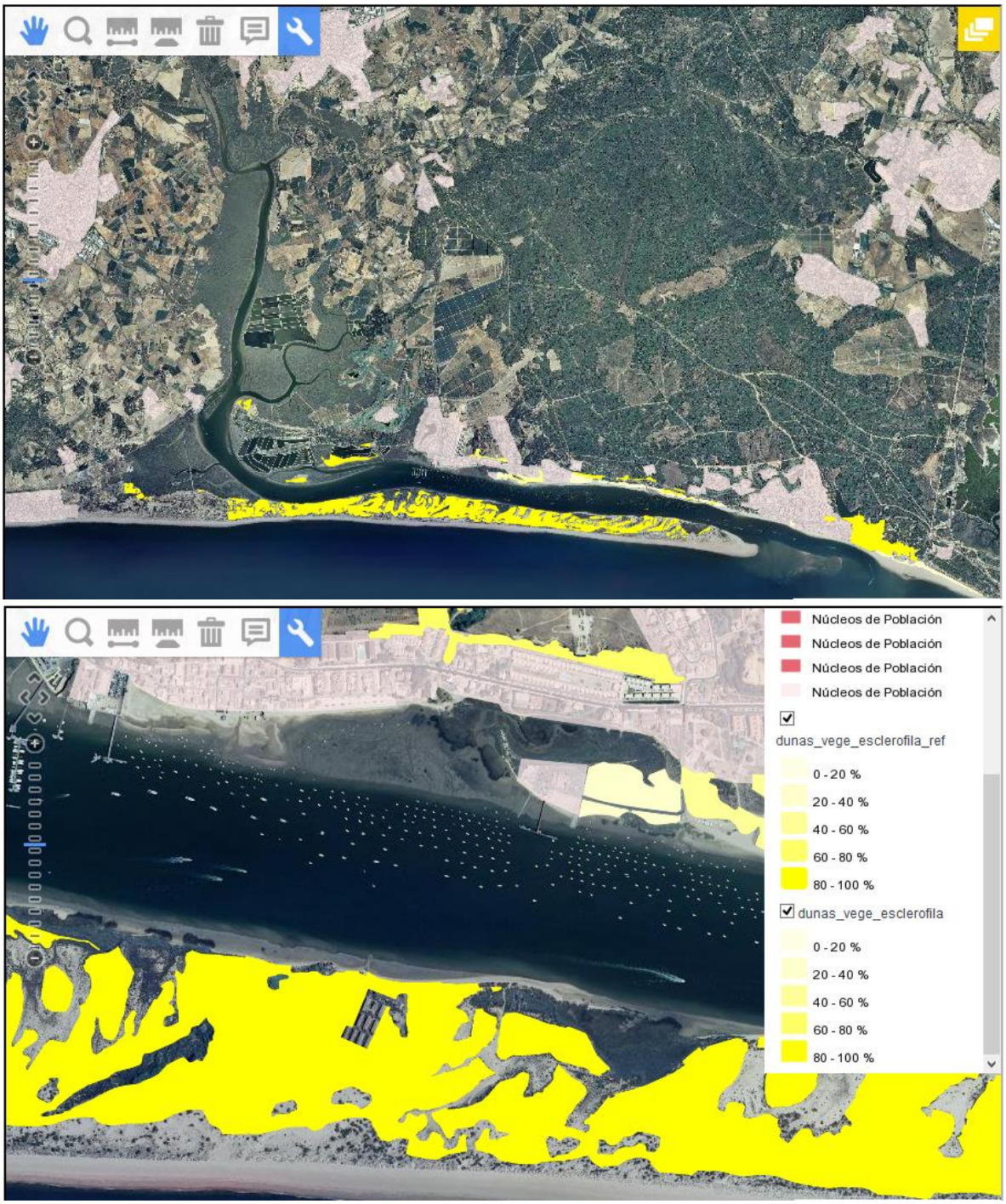


Figura 9.15. Matorrales altos esclerófilos sobre dunas litorales.

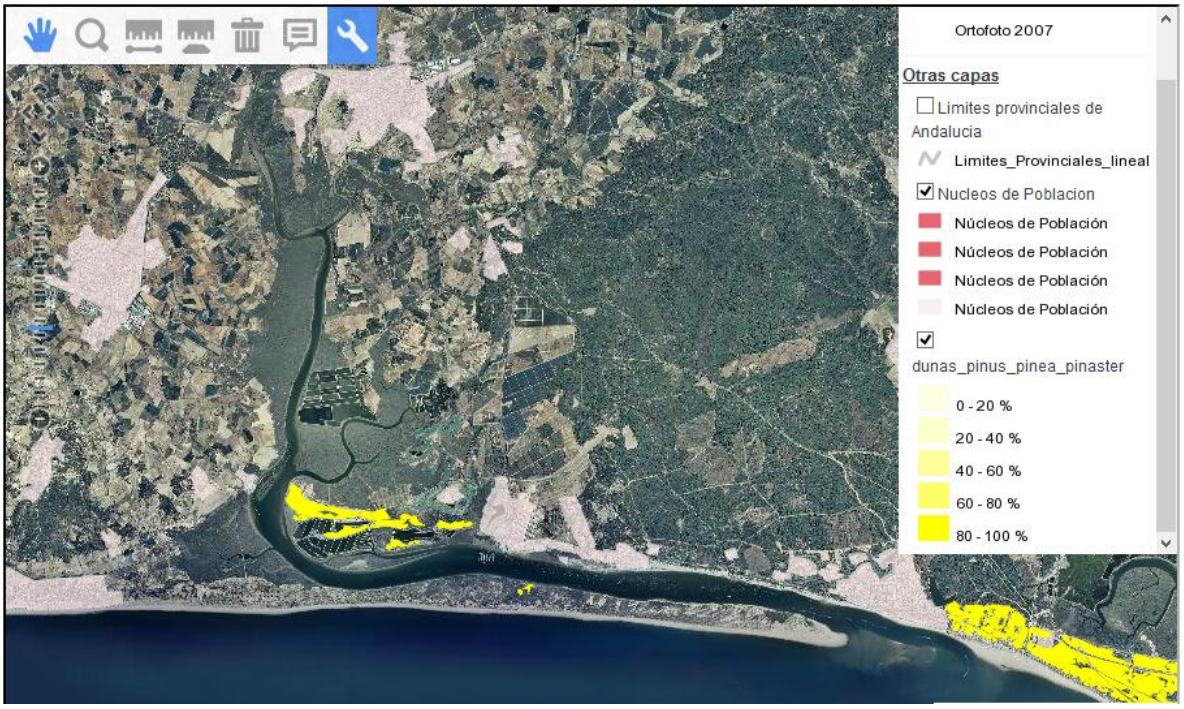
- 2270 Dunas con bosques de *Pinus pinea* y/o *Pinus pinaster* (**Hábitat Prioritario**)

Dunas estabilizadas de la parte más interna del sistema dunar litoral, cubiertas por vegetación madura de porte arbóreo dominada por pinos, como *Pinus pinea, P. pinaster* o *P. halepensis*, a menudo procedente de repoblaciones antiguas. Los pinares costeros sobre arenas y dunas litorales más característicos son los de pino piñonero. Se trata de un hábitat favorecido por el hombre, por lo que algunos autores consideran que ocupan

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

zonas donde potencialmente deberían establecerse otras formaciones como alcornocales o sabinares de playa. Al tratarse de una formación alóctona no existen comunidades vegetales que caractericen al hábitat, siendo el pino piñonero (*Pinus Pinea*) y el pino resinero (*Pinus pinaster*) las especies representativas del mismo, a los que acompañan especies de matorral características de otros hábitats como la camarina (*Corema album*), *Stauracanthus genistoide*, la sabina de playa (*Juniperus phoenicea turbinata*), el lentisco (*Pistacia lentiscus*), el aladierno (*Rhamnus alaternus*), la olivilla (*Phyllirea angustifolia*), la zarzaparrilla (*Smilax aspera*), la rubia (*Rubia peregrina*), etc.

Como especies de fauna asociadas a este hábitat destacan el meloncillo (*Herpestes ichneumon*) y el camaleón (*Chamaeleo chamaeleo*).



C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

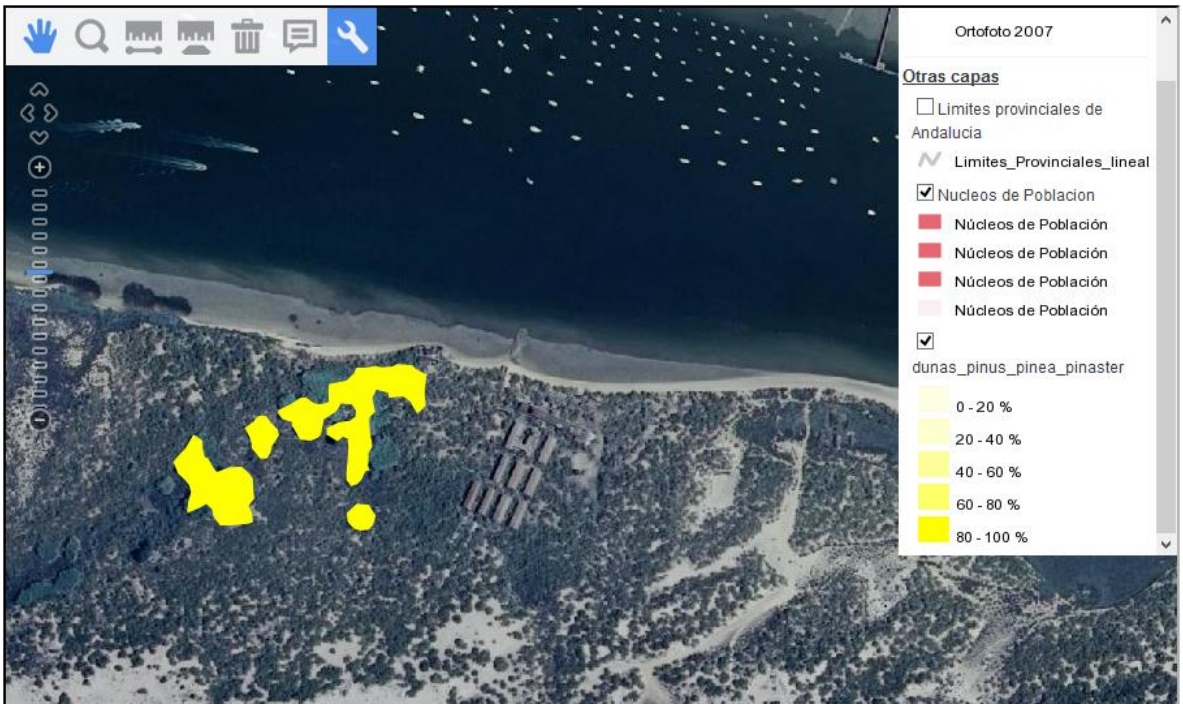


Figura 9.16. Dunas con bosques de *Pinus pinea* y/o *Pinus pinaster*.

3. Hábitats de agua dulce
   En la zona de estudio no se han encontrado hábitats de interés dentro de este grupo.

4. Brezales y matorrales de zonas templadas
   En la zona de estudio no se han encontrado hábitats de interés dentro de este grupo.

5. Matorrales esclerófilos
   En la zona de estudio no se han encontrado hábitats de interés dentro de este grupo.

6. Formaciones herbosas naturales y seminaturales

- 6420 Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del *Molinion-Holoschoenion*

Formaciones mediterráneas de juncos y grandes hierbas, presentes tanto en vaguadas y hondonadas que acumulan agua en época de lluvias, como en riberas de ríos, arroyos, lagos, charcas y otros humedales, siempre asociadas a la existencia de agua subterránea próximas a la superficie. El descenso de la capa freática durante el verano debe permitir el acceso a la humedad por parte de estas plantas. El hábitat puede desarrollarse sobre cualquier tipo de sustrato, aunque prefieren los ricos en nutrientes, con salinidad nula o baja, pero que sufren sequía estival.

Presentan una alta diversidad florística. Forman comunidades densas, en las que destacan los juncos (*Scirpus, Juncus* y otros géneros de las familias *Cyperaceae* y *Juncaceae*) que componen un estrato superior

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

siempreverde, de altura media, más o menos continuo. En sus huecos se desarrollan otras especies herbáceas, generalmente de menor talla, que se agostan durante el periodo seco. Respecto a las especies características, *Scirpus holoschoenus, Cyperus longus, Carex mairii, Juncus maritimus* y *Juncus acutus* son las especies de juncos más frecuentes. En el estrato de hierbas abundan los géneros *Festuca, Agrostis, Poa, Orchis, Pulicaria, Hypericum, Ranunculus, Trifolium, Mentha, Galium*, así como *Briza minor, Cynodon dactylon, Cirsium monspessulanus, Lysimachia ephemerum, Prunella vulgaris* o *Senecio doria*. Cuando las aguas freáticas tienen mayor salinidad, aumenta la proporción de especies halófilas, como *Juncus acutus, J. maritimus, Plantago crassifolia, Schoenus nigricans*, etc. La fauna asociada a este HIC es muy variada y abundante. Entre los invertebrados destacan los insectos, en especial las libélulas. Respecto a los vertebrados, son numerosas las especies que encuentran refugio y alimento en este hábitat, como la tortuga mediterránea (*Testudo hermanii*), la tortuga mora (*Testudo graeca*) o el eslizón ibérico (*Chalcides bedriagai*), entre los reptiles, anfibios como el sapillo pintojo (*Discoglossus galganoi*), los sapillos parteros (*Alytes obstericans* y *A. cisternasii*), el sapo de espuelas (*Pelobates cultripes*), el sapo corredor (*Bufo calamita*) y las ranitas de San Antonio (*Hyla arborea* y *H. meridionalis*), y mamíferos, como el topillo de Cabrera (*Microtus cabrerae*), la nutria (*Lutra lutra*) o incluso el lince ibérico (*Lynx pardinus*).

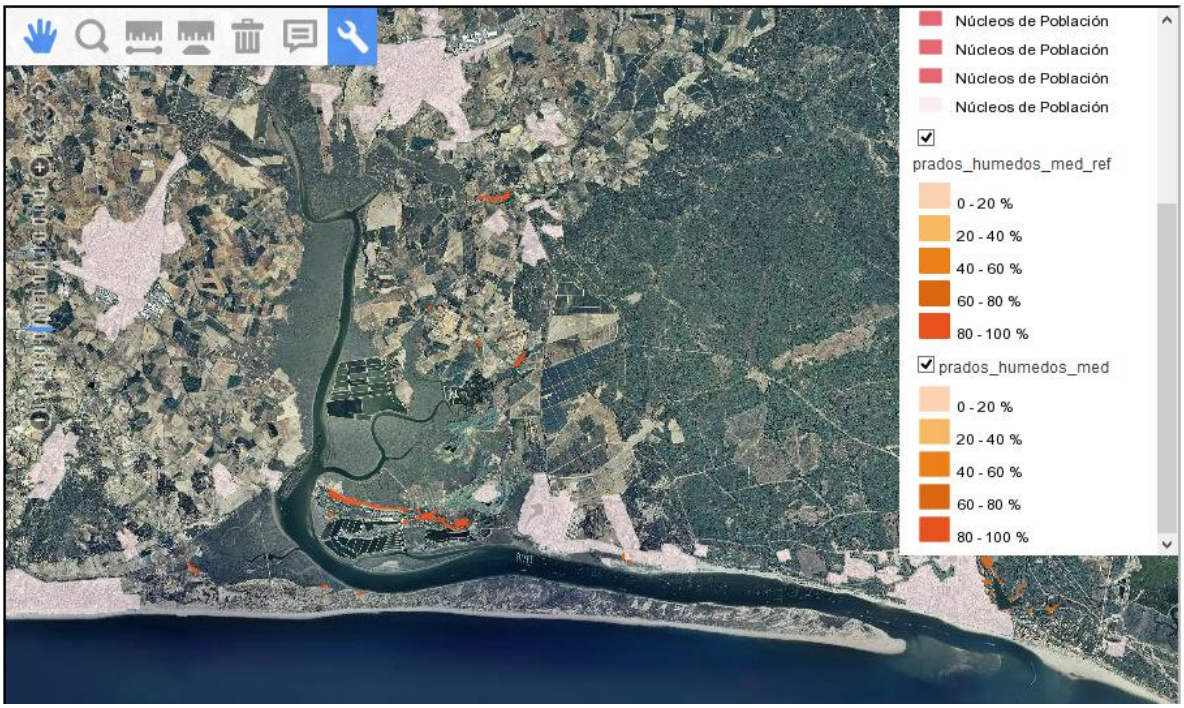


Figura 9.17. Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del *Molinion-Holoschoenion*.

7. Turberas altas, turberas bajas (*Fens* y *Mires*) y áreas pantanosas
   En la zona de estudio no se han encontrado hábitats de interés dentro de este grupo.

8. Hábitats rocosos y cuevas
   En la zona de estudio no se han encontrado hábitats de interés dentro de este grupo.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

9. Bosques

En la zona de estudio no se han encontrado hábitats de interés dentro de este grupo.

9.1.1.2. Vegetación, flora y fauna

A continuación se citan las especies incluidas en el **Artículo IV de la Directiva 2009/147/CE (*Directiva Aves*)** y en el **Anexo II de la Directiva 92/43/CEE (*Directiva Hábitats*)**, así como su evaluación en este LIC y ZEPA:

Species					Population in the site						Site assessment			
G	Code	Scientific Name	S	NP	T	Size		Unit	Cat.	D.qual.	A|B|C|D	A|B|C		
						Min	Max				Pop.	Con.	Iso.	Glo.
B	A168	Actitis hypoleucos			c				P	DD	C	B	C	B
B	A168	Actitis hypoleucos			w				P	DD	C	B	C	B
B	A229	Alcedo atthis			w				P	DD	C	B	C	B
B	A054	Anas acuta			c				P	DD	C	B	C	B
B	A054	Anas acuta			w				P	DD	C	B	C	B
B	A056	Anas clypeata			w	24	24	i		G	C	B	C	B
B	A056	Anas clypeata			c				P	DD	C	B	C	B
B	A052	Anas crecca			w				P	DD	C	B	C	B
B	A052	Anas crecca			c				P	DD	C	B	C	B
B	A050	Anas penelope			w				P	DD	C	B	C	B
B	A050	Anas penelope			c				P	DD	C	B	C	B
B	A053	Anas platyrhynchos			w				P	DD	C	B	C	B
B	A053	Anas platyrhynchos			r	5		p		M	C	B	C	B
B	A053	Anas platyrhynchos			c				P	DD	C	B	C	B
B	A055	Anas querquedula			c				P	DD	C	B	B	B
B	A055	Anas querquedula			w				P	DD	C	B	B	B
B	A051	Anas strepera			c				P	DD	C	B	C	B
B	A051	Anas strepera			w				P	DD	C	B	C	B
B	A255	Anthus campestris			c				P	DD	C	B	C	B
B	A259	Anthus spinoletta			w				P	DD	C	B	C	B

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

B	A259	Anthus spinoletta			c				P	DD	C	B	C	B
B	A169	Arenaria interpres			w	11		i		M	A	B	C	B
B	A169	Arenaria interpres			c				P	DD	A	B	C	B
B	A222	Asio flammeus			c				P	DD	D			
B	A059	Aythya ferina			w	3		i		M	C	B	C	B
B	A059	Aythya ferina			c				P	DD	C	B	C	B
B	A025	Bubulcus ibis			w	60	60	i		G	C	B	C	B
B	A025	Bubulcus ibis			r	30		p		M	C	B	C	B
B	A133	Burhinus oedicnemus			w	50		i	P	M	C	C	C	B
B	A133	Burhinus oedicnemus			p				P	DD	C	C	C	B
B	A243	Calandrella brachydactyla			c				P	DD	C	B	C	B
B	A243	Calandrella brachydactyla			r				P	DD	C	B	C	B
B	A144	Calidris alba			w	66		i		M	C	B	C	B
B	A144	Calidris alba			c				P	DD	C	B	C	B
B	A149	Calidris alpina			w	1500		i		M	B	B	C	B
B	A149	Calidris alpina			c				P	DD	B	B	C	B
B	A143	Calidris canutus			r				P	DD	B	B	B	B
B	A143	Calidris canutus			w	13		i		M	B	B	B	B
B	A143	Calidris canutus			c				P	DD	B	B	B	B
B	A147	Calidris ferruginea			c				P	DD	C	B	B	B
B	A145	Calidris minuta			w	6		i		M	C	B	B	B
B	A225	Caprimulgus ruficollis			r				P	DD	C	B	C	B
B	A225	Caprimulgus ruficollis			w				P	DD	C	B	C	B
B	A138	Charadrius alexandrinus			p	30	50	p		G	C	B	C	B
B	A137	Charadrius hiaticula			c				P	DD	B	B	C	B
B	A137	Charadrius hiaticula			w	280		i		M	B	B	C	B
B	A196	Chlidonias hybridus			c				P	DD	D			
B	A197	Chlidonias niger			c				P	DD	D			
B	A031	Ciconia ciconia			c	4	4	p	P	G	C	B	C	B
B	A031	Ciconia ciconia			p	4	4	p		G	C	B	C	B
B	A031	Ciconia ciconia			w	4	4	p	P	G	C	B	C	B
B	A030	Ciconia nigra			c				P	DD	C	C	C	B
B	A030	Ciconia nigra			w				P	DD	C	C	C	B
B	A081	Circus aeruginosus			w				P	DD	C	C	C	B
B	A081	Circus aeruginosus			r	2	2	p		G	C	C	C	B
B	A081	Circus aeruginosus			c				P	DD	C	C	C	B
B	A084	Circus pygargus			p				P	DD	C	C	C	B
F	1149	Cobitis taenia			p				P	DD	D			
B	A231	Coracias garrulus			c				P	DD	C	C	C	B
A	1194	Discoglossus galganoi			p				P	DD				
B	A026	Egretta garzetta			c	30		i		M	C	C	C	B
B	A026	Egretta garzetta			w	19		i		M	C	C	C	B
B	A379	Emberiza hortulana			c				P	DD	C	B	B	B

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

R	1220	Emys orbicularis			p				P	DD	C	B	C	B
B	A125	Fulica atra			p				P	DD	C	B	C	B
B	A245	Galerida theklae			p				P	DD	C	B	C	B
B	A153	Gallinago gallinago			c				P	DD	C	B	C	B
B	A153	Gallinago gallinago			w				P	DD	C	B	C	B
P	1893	Gaudinia hispanica			p				P	DD	D			
B	A135	Glareola pratincola			c				P	DD	C	B	C	B
B	A135	Glareola pratincola			r	25	50	p		G	C	B	C	B
B	A130	Haematopus ostralegus			w	105		i		M	A	B	C	B
B	A131	Himantopus himantopus			w	10		i		M	C	B	C	B
B	A131	Himantopus himantopus			r	13	30	p		G	C	B	C	B
B	A233	Jynx torquilla			w				P	DD	C	C	C	B
B	A233	Jynx torquilla			c				P	DD	C	C	C	B
B	A181	Larus audouinii			w				P	DD	C	B	C	B
B	A181	Larus audouinii			c				P	DD	C	B	C	B
B	A459	Larus cachinnans			w	10		i	P	M	C	B	C	B
B	A459	Larus cachinnans			p				P	DD	C	B	C	B
B	A176	Larus melanocephalus			c				P	DD	C	B	C	B
B	A176	Larus melanocephalus			w				P	DD	C	B	C	B
B	A177	Larus minutus			w				P	DD	D			
B	A177	Larus minutus			c				P	DD	D			
B	A179	Larus ridibundus			p				P	DD	C	B	C	B
B	A179	Larus ridibundus			w	700		i	P	M	C	B	C	B
B	A157	Limosa lapponica			w	19		i		M	C	B	B	B
B	A157	Limosa lapponica			c				P	DD	C	B	B	B
B	A156	Limosa limosa			w	78		i		M	C	B	C	B
B	A156	Limosa limosa			c				P	DD	C	B	C	B
B	A246	Lullula arborea			p				P	DD	C	B	C	B
B	A272	Luscinia svecica			w				P	DD	C	B	C	B
M	1355	Lutra lutra			p				P	DD	D			
M	1362	Lynx pardinus			p				P	DD	C	C	C	C
R	1221	Mauremys leprosa			p				P	DD	C	B	C	B
B	A065	Melanitta nigra			w				P	DD	C	B	B	B
B	A065	Melanitta nigra			c				P	DD	C	B	B	B
B	A242	Melanocorypha calandra			p				P	DD	C	B	C	B
B	A069	Mergus serrator			w	55	55	i		G	A	B	C	B
B	A069	Mergus serrator			c				P	DD	A	B	C	B
B	A230	Merops apiaster			c				P	DD	C	B	C	B
B	A230	Merops apiaster			r				P	DD	C	B	C	B
B	A260	Motacilla flava			w				P	DD	C	B	C	B
B	A260	Motacilla flava			c				P	DD	C	B	C	B
B	A319	Muscicapa striata			c				P	DD	C	B	C	B
B	A160	Numenius arquata			w	49		i		M	C	B	C	B

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

B	A160	Numenius arquata			c				P	DD	C	B	C	B
B	A158	Numenius phaeopus			w	9		i		M	C	B	B	B
B	A158	Numenius phaeopus			c				P	DD	C	B	B	B
B	A094	Pandion haliaetus			c				P	DD	C	B	C	B
B	A094	Pandion haliaetus			w				P	DD	C	B	C	B
B	A017	Phalacrocorax carbo			w	300		i		M	C	B	C	B
B	A017	Phalacrocorax carbo			c	400	400	i		G	C	B	C	B
B	A151	Philomachus pugnax			w				P	DD	C	B	B	B
B	A151	Philomachus pugnax			c				P	DD	C	B	B	B
B	A035	Phoenicopterus ruber			w	24	24	i		G	C	B	C	B
B	A035	Phoenicopterus ruber			c				P	DD	C	B	C	B
B	A274	Phoenicurus phoenicurus			c				P	DD	C	B	B	C
B	A034	Platalea leucorodia			w				P	DD	C	C	C	B
B	A034	Platalea leucorodia			c	34	34	i		G	C	C	C	B
B	A141	Pluvialis squatarola			w	240		i		M	B	B	C	B
B	A141	Pluvialis squatarola			c				P	DD	B	B	C	B
B	A008	Podiceps nigricollis			w	30	30	i		G	C	C	C	B
B	A008	Podiceps nigricollis			c				P	DD	C	C	C	B
F	6162	Pseudochondrostoma willkommii			p				P	DD	C	C	B	B
B	A132	Recurvirostra avosetta			r				P	DD	C	B	C	B
B	A132	Recurvirostra avosetta			w	95	95	i		G	C	B	C	B
B	A132	Recurvirostra avosetta			c				P	DD	C	B	C	B
B	A249	Riparia riparia			w				P	DD	C	B	C	B
B	A249	Riparia riparia			c				P	DD	C	B	C	B
B	A275	Saxicola rubetra			c				P	DD	C	B	A	B
B	A276	Saxicola torquata			p				P	DD	C	B	C	B
B	A195	Sterna albifrons			r	15	30	p		G	C	C	B	B
B	A190	Sterna caspia			w	7		i		M	B	B	B	A
B	A190	Sterna caspia			r	15	30	p		G	B	B	B	A
B	A190	Sterna caspia			c				P	DD	B	B	B	A
B	A193	Sterna hirundo			c				P	DD	D			
B	A191	Sterna sandvicensis			w	9		i		M	C	B	C	B
B	A191	Sterna sandvicensis			c				P	DD	C	B	C	B
B	A304	Sylvia cantillans			c				P	DD	C	C	C	B
B	A303	Sylvia conspicillata			c				P	DD	C	C	C	B
B	A303	Sylvia conspicillata			r				P	DD	C	C	C	B
B	A004	Tachybaptus ruficollis			p				P	DD	C	C	C	B
B	A048	Tadorna tadorna			w				P	DD	C	C	B	B
B	A048	Tadorna tadorna			c				P	DD	C	C	B	B
P	1681	Thymus carnosus			p				P	DD	B	B	C	B
P	1681	Thymus carnosus			p				P	DD				
B	A161	Tringa erythropus			w				P	DD	C	B	B	B

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

B	A161	Tringa erythropus			c				P	DD	C	B	B	B
B	A166	Tringa glareola			w				P	DD	C	B	A	B
B	A166	Tringa glareola			c				P	DD	C	B	A	B
B	A164	Tringa nebularia			w	8		i		M	C	B	B	B
B	A164	Tringa nebularia			c				P	DD	C	B	B	B
B	A165	Tringa ochropus			w				P	DD	C	B	C	B
B	A165	Tringa ochropus			c				P	DD	C	B	C	B
B	A162	Tringa totanus			w	93		i	P	M	C	B	C	B
B	A162	Tringa totanus			p				P	DD	C	B	C	B
B	A265	Troglodytes troglodytes			p				P	DD	C	C	C	C
B	A232	Upupa epops			p				P	DD	C	C	C	C
B	A142	Vanellus vanellus			p				P	DD	C	C	C	B

Group: A = Amphibians, B = Birds, F = Fish, I = Invertebrates, M = Mammals, P = Plants, R = Reptiles

S: in case that the data on species are sensitive and therefore have to be blocked for any public access enter: yes

NP: in case that a species is no longer present in the site enter: x (optional)

Type: p = permanent, r = reproducing, c = concentration, w = wintering (for plant and non-migratory species use permanent)

Unit: i = individuals, p = pairs or other units according to the Standard list of population units and codes in accordance with Article 12 and 17 reporting (see reference portal)

Abundance categories (Cat.): C = common, R = rare, V = very rare, P = present - to fill if data are deficient (DD) or in addition to population size information

Data quality: G = 'Good' (e.g. based on surveys); M = 'Moderate' (e.g. based on partial data with some extrapolation); P = 'Poor' (e.g. rough estimation); VP = 'Very poor' (use this category only, if not even a rough estimation of the population size can be made, in this case the fields for population size can remain empty, but the field "Abundance categories" has to be filled in)

Tabla 9.3. Especies del LIC y ZEPA ES6150006 incluidas en las Directivas *Hábitats* y *Aves*, y su evaluación.

Otras especies de flora y fauna presentes en este LIC y ZEPA son las recogidas en la siguiente tabla:

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Species					Population in the site				Motivation					
Group	CODE	Scientific Name	S	NP	Size		Unit	Cat.	Species Annex		Other categories			
					Min	Max		C|R|V|P	IV	V	A	B	C	D
B	A324	Aegithalos caudatus						P			X		X	
B	A247	Alauda arvensis						P					X	
B	A257	Anthus pratensis						P			X		X	
B	A226	Apus apus						P			X		X	
B	A228	Apus melba						P			X		X	
B	A227	Apus pallidus						P			X		X	
B	A046	Branta bernicla						P			X		X	
B	A366	Carduelis cannabina						P					X	
B	A364	Carduelis carduelis						P					X	
B	A363	Carduelis chloris						P					X	
B	A365	Carduelis spinus						V			X		X	
B	A288	Cettia cetti						P			X		X	
B		Charadrius			280		i	P			X		X	

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

		dubius												
B	A198	Chlidonias leucopterus						P			X		X	
B	A289	Cisticola juncidis						P			X		X	
B	A064	Clangula hyemalis						P					X	
B	A350	Corvus corax						P					X	
B	A347	Corvus monedula						P						X
B	A454	Cyanopica cyana						P			X		X	
B	A253	Delichon urbica						P			X		X	
B	A237	Dendrocopos major						P			X		X	
B	A378	Emberiza cia						P			X		X	
B	A377	Emberiza cirlus						P			X		X	
B	A381	Emberiza schoeniclus						P					X	
B	A269	Erithacus rubecula						P			X		X	
B	A360	Fringilla montifringilla						P			X		X	
B	A252	Hirundo daurica						P			X		X	
B	A251	Hirundo rustica						P			X		X	
B	A341	Lanius senator						P			X		X	
B		Larus fuscus			3100		i	P						X
B	A271	Luscinia megarhynchos						P			X		X	
B	A383	Miliaria calandra						P					X	
B	A262	Motacilla alba						P			X		X	
B	A261	Motacilla cinerea						P			X		X	
B	A329	Parus caeruleus						P			X		X	
B	A330	Parus major						P			X		X	

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

B	A330	Parus major						P			X		X	
B	A355	Passer hispaniolensis						P					X	
B	A356	Passer montanus						P					X	
B	A171	Phalaropus fulicarius						P			X		X	
B	A273	Phoenicurus ochruros						V			X		X	
B	A313	Phylloscopus bonelli						P			X		X	
B	A315	Phylloscopus collybita						P			X		X	
B	A314	Phylloscopus sibilatrix						P			X		X	
B	A316	Phylloscopus trochilus						P			X		X	
B	A343	Pica pica						P						X
B	A235	Picus viridis						P			X		X	
B	A266	Prunella modularis						P			X		X	
B	A372	Pyrrhula pyrrhula						P			X		X	
B	A361	Serinus serinus						P					X	
B	A352	Sturnus unicolor						P					X	
B	A351	Sturnus vulgaris						P						X
B	A311	Sylvia atricapilla						P			X		X	
B	A310	Sylvia borin						P			X		X	
B	A309	Sylvia communis						P			X		X	
B	A306	Sylvia hortensis						P			X		X	
B	A305	Sylvia melanocephala						P			X		X	
B	A283	Turdus merula						P					X	
B	A285	Turdus philomelos						P					X	

Group: A = Amphibians, B = Birds, F = Fish, Fu = Fungi, I = Invertebrates, L = Lichens, M = Mammals, P = Plants, R = Reptiles

CODE: for Birds, Annex IV and V species the code as provided in the reference portal should be used in addition to the scientific name

S: in case that the data on species are sensitive and therefore have to be blocked for any public access enter: yes

NP: in case that a species is no longer present in the site enter: x (optional)

Unit: i = individuals, p = pairs or other units according to the standard list of population units and codes in accordance with Article 12 and 17 reporting, (see reference portal)

Cat.: Abundance categories: C = common, R = rare, V = very rare, P = present

Motivation categories: IV, V: Annex Species (Habitats Directive), **A:** National Red List data; **B:** Endemics; **C:** International Conventions; **D:** other reasons

Tabla 9.4. Otras especies importantes de flora y fauna en el LIC y ZEPA ES6150006.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

9.1.2. Medio marino. ZEC Estuario del Río Piedras (ES6150028)

9.1.2.1. Hábitats de Interés Comunitario (HIC)

Annex I Habitat types						Site assessment			
Code	PF	NP	Cover [ha]	Cave [number]	Data quality	A|B|C|D	A|B|C		
						Representativity	Relative Surface	Conservation	Global
1110			0	0.00	P	D			
1130			440.7	0.00	M	A	B	B	B
1140			0	0.00	DD				
1210			0.02	0.00	M	D			
1310			0.003	0.00	M	C	C	C	C
1320			2.45	0.00	M	B	C	A	B
1420			3.523	0.00	M	B	C	A	B
2120			0.003	0.00	M	C	C	B	B
2260			0.152	0.00	M	C	C	A	B
6420			0.005	0.00	M	C	C	C	C

PF: for the habitat types that can have a non-priority as well as a priority form (6210, 7130, 9430) enter "X" in the column PF to indicate the priority form.
NP: in case that a habitat type no longer exists in the site enter: x (optional)
Cover: decimal values can be entered
Caves: for habitat types 8310, 8330 (caves) enter the number of caves if estimated surface is not available.
Data quality: G = 'Good' (e.g. based on surveys); M = 'Moderate' (e.g. based on partial data with some extrapolation); P = 'Poor' (e.g. rough estimation)

Tabla 9.5. Tipos de hábitats presentes en la ZEC ES6150028, y su evaluación.

1. Hábitats costeros y vegetaciones halofíticas

- 1110 Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda

  Este hábitat ha sido descrito en el apartado anterior *9.1.1. Medio terrestre*.

- 1130 Estuarios

  Este hábitat ha sido descrito en el apartado anterior *9.1.1. Medio terrestre*.

- 1140 Llanos fangosos o arenosos que no están cubiertos de agua cuando hay marea baja

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Este hábitat ha sido descrito en el apartado anterior 9.1.1. Medio terrestre.

- 1210 Vegetación anual sobre desechos marinos acumulados

  Este hábitat ha sido descrito en el apartado anterior *9.1.1. Medio terrestre*.

- 1310 Vegetación anual pionera con *Salicornia* y otras especies de zonas fangosas o arenosas

  Este hábitat ha sido descrito en el apartado anterior *9.1.1. Medio terrestre*.

- 1320 Pastizales de *Spartina* (*Spartinion maritimi*)
  Este hábitat ha sido descrito en el apartado anterior *9.1.1. Medio terrestre*.

- 1420 Matorrales halófilos mediterráneos y termo-atlánticos (*Sarcocornetea fructicosae*)

  Este hábitat ha sido descrito en el apartado anterior *9.1.1. Medio terrestre*.

2. Dunas marítimas y continentales

- 2120 Dunas móviles de litoral con *Ammophila arenaria* (dunas blancas)

  Este hábitat ha sido descrito en el apartado anterior *9.1.1. Medio terrestre*.

- 2260-2 Matorrales altos esclerófilos sobre dunas litorales (**Hábitat Prioritario para Andalucía**)

  Este hábitat ha sido descrito en el apartado anterior *9.1.1. Medio terrestre*.

3. Hábitats de agua dulce
   En la zona de estudio no se han encontrado hábitats de interés dentro de este grupo.

4. Brezales y matorrales de zona templada
   En la zona de estudio no se han encontrado hábitats de interés dentro de este grupo.

5. Matorrales esclerófilos
   En la zona de estudio no se han encontrado hábitats de interés dentro de este grupo.

6. Formaciones herbosas naturales y seminaturales

- 6420-2 Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del *Molinion-Holoschoenion*

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Este hábitat ha sido descrito en el apartado anterior *9.1.1. Medio terrestre*.

7. Turberas altas, turberas bajas (Fens y Mires) y áreas pantanosas
   En la zona de estudio no se han encontrado hábitats de interés dentro de este grupo.

8. Hábitats rocosos y cuevas
   En la zona de estudio no se han encontrado hábitats de interés dentro de este grupo.

9. Bosques
   En la zona de estudio no se han encontrado hábitats de interés dentro de este grupo.

9.1.2.2. Vegetación, flora, algas y fauna

A continuación se citan las especies incluidas en el **Artículo IV de la Directiva 2009/147/CE (*Directiva Aves*)** y en el **Anexo II de la Directiva 92/43/CEE (*Directiva Hábitats*)**, así como su evaluación en esta ZEC:

Species					Population in the site						Site assessment			
G	Code	Scientific Name	S	NP	T	Size		Unit	Cat.	D.qual.	A|B|C|D	A|B|C		
						Min	Max				Pop.	Con.	Iso.	Glo.
B	A229	Alcedo atthis			p				P		C	C	C	B
B	A024	Ardeola ralloides							P		D			
B	A060	Aythya nyroca			w				V		C	C	C	A
B	A133	Burhinus oedicnemus			r				P		C	B	C	B
B	A149	Calidris alpina			w				P		C	C	C	B
B	A010	Calonectris diomedea			c				P		D			
R	1224	Caretta caretta			c				P		C	C	C	C
B	A138	Charadrius alexandrinus			w	20	20	i			C	B	C	B
B	A196	Chlidonias hybridus			w	10	300	i			A	B	C	B
B	A197	Chlidonias niger			r	20	20	p			B	B	C	B
B	A031	Ciconia ciconia			p				P		C	B	C	C
B	A081	Circus aeruginosus			w	700					B	B	C	B
B	A027	Egretta alba			w				P		B	C	C	B
B	A026	Egretta garzetta			r	500	500	p			A	B	C	B
B	A003	Gavia immer			w				P		C	B	C	B
B	A001	Gavia stellata			w	1	5	i			C	B	C	B
B	A135	Glareola pratincola			r	50	60	p			D			
B	A131	Himantopus himantopus			r	1	3500	p			A	B	C	B

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

G	Code	Scientific Name	S	NP	T	Size		Unit	Cat.	D.qual.	A|B|C|D	A|B|C		
						Min	Max				Pop.	Con.	Iso.	Glo.
B	A022	Ixobrychus minutus			r	750	750	p			B	B	C	B
B	A181	Larus audouinii			c	1	200	i			C	B	C	B
B	A180	Larus genei			p	300		p			B	B	C	B
B	A176	Larus melanocephalus			c	97	97	i			D			
B	A177	Larus minutus			c	1000	1000	i			B	B	C	B
B	A157	Limosa lapponica			c	1000	1000	i			B	B	C	B
B	A071	Oxyura leucocephala			r	10	30	p			A	C	C	B
B	A094	Pandion haliaetus			w	5		i			C	B	C	B
B	A170	Phalaropus lobatus			c				P		C	B	B	B
B	A151	Philomachus pugnax			w	40000	40000	i			A	B	C	B
B	A035	Phoenicopterus ruber			c				C		B	C	C	A
B	A034	Platalea leucorodia			c				P		B	A	A	A
B	A032	Plegadis falcinellus			w				P		C	B	C	B
B	A140	Pluvialis apricaria			w	50000	50000	i			B	B	C	B
B	A124	Porphyrio porphyrio			r	1	10	p			C	B	B	A
B	A384	Puffinus puffinus mauretanicus			c				P		D			
B	A464	Puffinus yelkouan			c				P		D			
B	A132	Recurvirostra avosetta			w	8000	8000	i			A	A	C	A
B	A195	Sterna albifrons			w				P		C	B	B	B
B	A190	Sterna caspia			w				P		C	B	C	B
B	A193	Sterna hirundo			w				R		C	C	C	B
B	A166	Tringa glareola			w				P		C	B	C	B

Group: A = Amphibians, B = Birds, F = Fish, I = Invertebrates, M = Mammals, P = Plants, R = Reptiles
S: in case that the data on species are sensitive and therefore have to be blocked for any public access enter: yes
NP: in case that a species is no longer present in the site enter: x (optional)
Type: p = permanent, r = reproducing, c = concentration, w = wintering (for plant and non-migratory species use permanent)
Unit: i = individuals, p = pairs or other units according to the Standard list of population units and codes in accordance with Article 12 and 17 reporting (see reference portal)
Abundance categories (Cat.): C = common, R = rare, V = very rare, P = present - to fill if data are deficient (DD) or in addition to population size information
Data quality: G = 'Good' (e.g. based on surveys); M = 'Moderate' (e.g. based on partial data with some extrapolation); P = 'Poor' (e.g. rough estimation); VP = 'Very poor' (use this category only, if not even a rough estimation of the population size can be made, in this case the fields for population size can remain empty, but the field "Abundance categories" has to be filled in)

Tabla 9.6. Especies de la ZEC ES6150028 incluidas en las Directivas *Hábitats* y *Aves*, y su evaluación.

Otras especies de flora y fauna presentes en esta ZEC son las recogidas en la siguiente tabla:

Species					Population in the site				Motivation					
Group	CODE	Scientific Name	S	NP	Size		Unit	Cat.	Species Annex		Other categories			
					Min	Max		C|R|V|P	IV	V	A	B	C	D
I		Anemonia viridis						P						X
I		Balanus perforatus						P						X
I		Charonia lampas						P			X			

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

I		Chthamalus cf. montagui						P						X
I		Pentapora fascialis						P						X
M	2034	Stenella coeruleoalba						R			X			
P		Zostera noltii						P			X			

Group: A = Amphibians, B = Birds, F = Fish, Fu = Fungi, I = Invertebrates, L = Lichens, M = Mammals, P = Plants, R = Reptiles
CODE: for Birds, Annex IV and V species the code as provided in the reference portal should be used in addition to the scientific name
S: in case that the data on species are sensitive and therefore have to be blocked for any public access enter: yes
NP: in case that a species is no longer present in the site enter: x (optional)
Unit: i = individuals, p = pairs or other units according to the standard list of population units and codes in accordance with Article 12 and 17 reporting, (see reference portal)
Cat.: Abundance categories: C = common, R = rare, V = very rare, P = present
Motivation categories: IV, V: Annex Species (Habitats Directive), **A:** National Red List data; **B:** Endemics; **C:** International Conventions; **D:** other reasons

Tabla 9.7. Otras especies importantes de flora y fauna en la ZEC ES6150028.

El ***Plan de Gestión de la Zona Especial de Conservación Estuario del Río Piedras (ES6150028)*** (Anexo IV del *Proyecto de Orden por la que se aprueban los Planes de Gestión de las Zonas Especiales de Conservación Dehesa del Estero y Montes de Moguer -ES6150012-, Dunas del Odiel -ES6150013-, Marisma de Las Carboneras -ES6150017- y Estuario del RíoPiedras -ES6150028-*), incluye en su inventario de especies relevantes de **flora** a ***Zostera noltii***, que, aunque no está incluida en ninguno de los anexos anteriores, se considera de interés por estar incluida en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial, además de considerarse relevante para la gestión del espacio.

TIPO	ESPECIES	ENDÉMICA	CATEGORÍA DE AMENAZA				ESTADO DE CONSERVACIÓN PARA LA REGIÓN BIOGEOGRÁFICA MEDITERRÁNEA										PLANES DE GESTIÓN O CONSERVACIÓN	FUENTES
							A NIVEL EUROPEO					A NIVEL ESPAÑOL						
			LESRPE	CEEA	LAESRPE	CAEA	RANGO	POBLACIÓN	HÁBITAT	PERSPECTIVAS FUTURAS	EVALUACIÓN GLOBAL	RANGO	POBLACIÓN	HÁBITAT	PERSPECTIVAS FUTURAS	EVALUACIÓN GLOBAL		
O	*Zostera noltii*	No	X		X		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	I	1

Tipo: O: otras especies relevantes.
Categoría de amenaza: LESRPE: Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y **CEEA:** Catálogo Español de Especies Amenazadas (establecidos por el RD 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo, y modificados por la Orden AAA/1771/2015, de 31 de agosto); **LAESRPE:** Listado andaluz de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y **CAEA:** Catálogo Andaluz de Especies Amenazadas (establecidos por la Ley 8/2003, de 28 de octubre, de la flora y la fauna silvestres, y modificados por el Decreto 23/2012, de 14 de febrero). **X.** Incluida.
Estado de conservación: La información del estado de conservación se corresponde con la información procedente del Informe Sexenal del periodo 2007-2012 elaborado en cumplimiento de los articulos 10 y 17 de la Directiva Hábitats. Esta información está disponible únicamente para las especies de la Directiva Hábitats. Fuente: Online report on Article 17 of the Habitats Directive: conservation status of habitats & species of Community interest (2007-2012). http://bd.eionet.europa.eu/article17. **FV:** favorable, **U1:** inadecuado, **U2:** malo, **XX:** desconocido, *: sin datos.
Planes de gestión o conservación: I. Plan de Conservación de Fanerógamas Marinas.
Fuentes: 1. Programa de Gestión Sostenible del Medio Marino Andaluz. Consejeria de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucia Informe 2013.

Tabla 9.8. Inventario de especies relevantes de flora presentes en la ZEC.

La elaboración del inventario de especies relevantes presentes en el ámbito del Plan se ha realizado tomando, como punto de partida, el Formulario Normalizado de Datos Natura 2000 del LIC Estuario del Río Piedras (ES6150028), y tomando en consideración las siguientes fuentes de información:

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- Online report on Article 17 of the Habitats Directive: conservation status of habitats & species of Community interest (2007-2012). http://bd.eionet.europa.eu/article17/.
- Base de Datos sobre Flora Amenazada y de Interés de Andalucía (FAME), 2001- 2010.
- Subsistema Biodiversidad en Andalucía.
- Programa de Gestión Sostenible del Medio Marino Andaluz (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio).
- Ámbitos de aplicación de los planes de protección de especies amenazadas.

Zostera noltii se encuentra en la zona estrictamente submareal, ocupando, según la última información del proyecto Life+Posidonia Andalucía (agosto 2014) 0,12 hectáreas en la ZEC.

Esta especie se asienta principalmente sobre llanuras intermareales poco expuestas, de sustrato limoso o arena fina enriquecida de materia orgánica. En estas llanuras, la planta se sitúa en pequeñas elevaciones del fondo que se forman por la presencia de la propia planta.

En cuanto a la **fauna**, se consideran relevantes en el ámbito del Plan las especies Red Natura 2000 (aquellas incluidas en los Anexos II y IV de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre) y las aves migratorias que, aunque no están incluidas en el Anexo IV, sí se recogen en el Formulario Normalizado de Datos Natura 2000; así como otras que, sin ser especies Red Natura 2000, también son consideradas de importancia para la gestión de la ZEC.

Pese a que el Formulario Normalizado de Datos Natura 2000 del LIC Estuario del Río Piedras, tomado como punto de partida, carece de especies en el correspondiente apartado, las siguientes fuentes de información han permitido identificar la presencia de un abundante número de ellas, lo que es congruente con el entorno y las características de esta ZEC:

- Online report on Article 17 of the Habitats Directive: conservation status of habitats & species of Community interest (2007-2012). http://bd.eionet.europa.eu/article17/reports2012.

- Online report on Article 12 of the Birds Directive: population status assessments of birds species (2008-2012). http://bd.eionet.europa.eu/article12/.

- Programa de Gestión Sostenible del Medio Litoral, 2004-2013.

- Programa de emergencias, control epidemiológico y seguimiento de fauna silvestre de Andalucía.

- Plan para la Recuperación y Conservación de Aves de Humedales.

- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (Red de Información Ambiental de Andalucía).

Tras analizar y comparar las fuentes de información disponibles sobre las especies de fauna presentes en el ámbito del Plan, se han incluido en el inventario de especies de fauna relevante 46 especies.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

TIPO	ESPECIES	ENDÉMICA	CATEGORÍA DE AMENAZA				ESTADO DE CONSERVACIÓN PARA LA REGIÓN BIOGEOGRÁFICA MEDITERRÁNEA										PLANES DE GESTIÓN O CONSERVACIÓN	FUENTES
							A NIVEL EUROPEO					A NIVEL ESPAÑOL						
			LESRPE	CEEA	LAESRPE	CAEA	RANGO	POBLACIÓN	HÁBITAT	PERSPECTIVAS FUTURAS	EVALUACIÓN GLOBAL	RANGO	POBLACIÓN	HÁBITAT	PERSPECTIVAS FUTURAS	EVALUACIÓN GLOBAL		
Anfibios y reptiles																		
A-II	*Caretta caretta* (tortuga boba)	No	X	VU	X	VU	FV	XX	U1	U2	U2	XX	XX	XX	XX	XX	I	1
Invertebrados																		
O	*Anemonia viridis* (anémona común)	No	X		X		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
O	*Charonia lampas* (caracola del Mediterráneo)	No	X	VU	X	VU	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	I	1
O	*Balanus perforatus* (escaramujo)	No	X		X		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		1
O	*Chthamalus cf. montagui* (bellota de mar)	No	X		X		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		1
O	*Pentapora fascialis* (cuerno de alce)	No	X		X		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		1
Mamíferos																		
O	*Stenella coeruleoalba* (delfín listado)	No	X		X		XX	XX	XX	XX	XX	FV	XX	U1	U1	U1	I	1

Especie *: prioritaria.
Tipo: A-II. Anexo II de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre; **O.** Otras especies relevantes.
Categoría de amenaza: LESRPE. Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y **CEEA.** Catálogo Español de Especies Amenazadas (establecidos por el Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo, y modificados por la Orden AAA/1771/2015, de 31 de agosto); **LAESRPE.** Listado Andaluz de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y **CAEA.** Catálogo Andaluz de Especies Amenazadas (establecidos por la Ley 8/2003, de 28 de octubre, de la flora y la fauna silvestres, y modificado por el Decreto 23/2012, de 14 de febrero). **X.** Incluida; **VU.** Vulnerable; **EN.** En peligro de extinción.
Estado de conservación: La información del estado de conservación se corresponde con la información procedente del Informe Sexenal del periodo 2007-2012 elaborado en cumplimiento de los artículos 10 y 17 de la Directiva Hábitats. Esta información está disponible únicamente para las especies de la Directiva Hábitats. Fuente: Online report on Article 17 of the Habitats Directive: conservation status of habitats & species of Community interest (2007-2012). http://bd.eionet.europa.eu/article17. **FV.** favorable; **U1.** inadecuado; **U2.** malo; **XX.** Desconocido. ***.** sin datos.
Planes de gestión o conservación: I. Programa de Gestión Sostenible del Medio Marino Andaluz.
Fuentes: 1. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

[2] El grupo de las aves se ha recogido en un inventario independiente.

Tabla 9.9. Inventario de especies relevantes de fauna presentes en la ZEC.

TIPO	ESPECIE	ENDÉMICA	CATEGORÍA DE AMENAZA				ESTADO DE CONSERVACIÓN PARA LA REGIÓN BIOGEOGRÁFICA MEDITERRÁNEA				PLANES DE CONSERVACIÓN	FUENTE
							NIVEL EUROPEO		NIVEL ESPAÑOL			
			LESRPE	CEEA	LAESRPE	CAEA	POBLACIÓN	TENDENCIA	POBLACIÓN	TENDENCIA		
A-IV	*Alcedo atthis* (martín pescador)	No	X		X		68.200 - 115.000 pr	I	24.200 pr	–		1
A-IV	*Ardeola ralloides* (garcilla cangrejera)	No	X	VU	X	EN	6.300 - 10.700 pr	X	2.050 - 2.076 pr	+	II	1
A-IV	*Aythya nyroca (porrón pardo)*	No	X	EN	X	EN	13.100 – 20.700 pr	X	2 pr	0	II	1
A-IV	*Burhinus oedicnemus* (alcaraván)	No	X		X		47.600 – 77.700 pr	–	30.000 – 40.000 pr	–		1
A-IV	*Calidris alpina* (correlimos común)	No	X		X		*	*	94.217 – 104.728 iw	+		1
A-IV	*Calonectris diomedea* subsp. *diomodea* (pardela cenicienta)	No	X	VU	X	VU	281.000- 300.000 pr	X	3.000 – 8.000 pr	–		1
A-IV	*Ciconia ciconia* (cigüeña blanca)	No	X		X		154.000-164.000 pr	+	33.217 pr	+		1
A-IV	*Circus aeruginosus* (aguilucho lagunero occidental)	No	X		X		37.700 -87.900 ♀	+	1.149 - 1.494 ♀	+		1
A-IV	*Charadrius alexandrinus* (chorlitejo patinegro)	No	X		X		10.100 -16.700 pr	–	4.322- 4.645 pr	0		1
A-IV	*Chlidonias hybridus* (fumarel cariblanco)	No	X		X		29.500 - 41.500 pr	+	6.406 – 6.426 pr	0		1
A-IV	*Chlidonias niger* (fumarel común)	No	X	EN	X	EN	11.100 – 20.600 pr	–	0 – 40 pr	–	II	1
A-IV	*Egretta alba* (garceta grande)	No	X		X		*	*	*	*		1
A-IV	*Egretta garzetta* (garceta común)	No	X		X		43.600-51.700 pr	+	8.942 – 9.347 pr	+		1
A-IV	*Gavia immer* (colimbo grande)	No	X		X		4.000 – 4.300 iw	+	35 – 65 iw	–		1
A-IV	*Gavia stellata* (colimbo chico)	No	X		X		*	*	*	*		1
A-IV	*Glareola pratincola* (canastera común)	No	X		X		4.400 – 5.800 pr	–	2.692 pr	F		1
A-IV	*Himantopus himantopus*	No	X		X		37.800-47.400 pr	+	28.250 pr	+		1

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

TIPO	ESPECIE	ENDÉMICA	CATEGORÍA DE AMENAZA				ESTADO DE CONSERVACIÓN PARA LA REGIÓN BIOGEOGRÁFICA MEDITERRÁNEA				PLANES DE CONSERVACIÓN	FUENTE
							NIVEL EUROPEO		NIVEL ESPAÑOL			
			LESRPE	CEEA	LAESRPE	CAEA	POBLACIÓN	TENDENCIA	POBLACIÓN	TENDENCIA		
	(cigüeñuela común)											
A-IV	*Ixobrychus minutus* (avetorillo común)	No	X		X		23.900 - 36.900 pr	0	4.050 pr	–		1
A-IV	*Larus audouinii* (gaviota de Audouin)	No	X	VU	X	VU	21.400 – 21.900 pr	+	19.461 pr	+		1
A-IV	*Larus genei* (gaviota picofina)	No	X		X		5.000 – 7.100 pr	+	1.220 pr	+		1
A-IV	*Larus melanocephalus* (gaviota cabecinegra)	No	X		X		13.200 – 19.600 pr	+	52 – 54 pr	+		1
A-IV	*Larus minutus* (gaviota enana)	No	X		X		12.800 – 18.400 pr	+	*	*		1
A-IV	*Limosa lapponica* (aguja colipinta)	No	X		X		108.000 – 158.000 iw	+	3.302 – 4.299 iw	+		1
A-IV	*Oxyura leucocephala* (malvasía)	No	X	EN	X	EN	120 – 320 pr	+	201 pr	+	II	1
A-IV	*Pandion haliaetus* (águila pescadora)	No	X	VU	X	VU	5.700 – 7.500 pr	+	17 pr	+	II	1
A-IV	*Phalaropus lobatus* (falaropo picofino)	No	X		X		20.000 – 34.100 ♂	–	*	*		1
A-IV	*Philomachus pugnax* (combatiente)	No	X		X		22.200 – 49.000 ♂	–	670 – 1.748 iw	+		1
A-IV	*Phoenicopterus ruber (roseus)* (flamenco común)	No	X		X		31.900 – 37.000 pr	+	18.976 – 19.076 pr	+		1
A-IV	*Platalea leucocordia* (espátula común)	No	X		X		6.700 – 8.900 pr	+	1.614 pr	+		1
A-IV	*Plegadis falcinellus* (morito común)	No	X		X		6.300 – 7.400 pr	+	3.777 pr	+		1
A-IV	*Porphyrio porphyrio* (calamón común)	No	X		X		3.400 – 3.900 pr	+	2.750 pr	+		1
A-IV	*Pluvialis apricaria* (chorlito dorado europeo)	No	X		X		1.350.000 – 2.430.000 iw	X	16.420 – 31.036 iw	X		1
A-IV	*Puffinus mauretanicus* (pardela balear)	No	X	EN	X	EN	3.100 – 3.200 pr	X	3.193 pr	X		1
A-IV	*Puffinus yelkouan* (pardela mediterránea)	No	X		X		19.000 – 29.900 pr	+	*	*		1

TIPO	ESPECIE	ENDÉMICA	CATEGORÍA DE AMENAZA				ESTADO DE CONSERVACIÓN PARA LA REGIÓN BIOGEOGRÁFICA MEDITERRÁNEA				PLANES DE CONSERVACIÓN	FUENTE
							NIVEL EUROPEO		NIVEL ESPAÑOL			
			LESRPE	CEEA	LAESRPE	CAEA	POBLACIÓN	TENDENCIA	POBLACIÓN	TENDENCIA		
A-IV	*Recurvirostra avosetta* (avoceta común)	No	X		X		51.600 – 59.300 pr	+	28.450 pr	+		1
A-IV	*Sterna albifrons* (charrancito común)	No	X		X		14.400 – 19.700 pr	–	3.575 pr	0		1
A-IV	*Sterna caspia* (pagaza piquirroja)	No	X		X		1.600 – 2.100 pr	–	118 iw	X		1
A-IV	*Sterna hirundo* (charrán común)	No	X		X		132.000 – 213.000 pr	+	3.196 – 3.204 pr	–		1
A-IV	*Tringa glaréola* (andarríos)	No	X		X		440.000 – 733.000 pr	–	*	*		1

Tipo: A-IV. Anexo IV de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre.

Categoría de amenaza. LESRPE. Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y **CEEA.** Catálogo Español de Especies Amenazadas (establecidos por Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo, y modificados por la Orden AAA/1771/2015, de 31 de agosto); **LAESRPE.** Listado Andaluz de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y **CAEA.** Catálogo Andaluz de Especies Amenazadas (establecidos por la Ley 8/2003, de 28 de octubre, de la flora y la fauna silvestres, y modificados por el Decreto 23/2012, de 14 de febrero). **X.** Incluido; **VU.** Vulnerable; **EN.** En peligro de extinción.

Estado de conservación: Para recoger esta información se utilizan las bases EIONET a nivel europeo y estatal. Para el periodo 2008 – 2012. **Población:** Se indicará el número de parejas **(p)** o individuos **(I)**, así como si se trata de una población reproductora **(r)** o invernante **(w)**. El sexo de los individuos censados será indicado con los símbolos ♂ (macho) y ♀ (hembra). ***.** Sin datos. **Tendencia. +.** Creciente; **-.** Decreciente; **0.** Estable; **F.** Fluctuante; **X.** Desconocida. **I.** Incierta y ***.** Sin datos.

Planes de gestión o conservación: II. Plan para la Recuperación y Conservación de Aves de Humedales.

Fuentes: 1. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

Tabla 9.10. Inventario de aves relevantes presentes en la ZEC.

Cabe destacar que en el Plan se han identificado como **prioridades de conservación** al HIC 1130, a *Zostera noltii* y al águila pescadora.

- HIC 1130. La ZEC Estuario del Río Piedras, en sus casi 470 ha, destaca por la representatividad del HIC 1130 que abarca casi la totalidad de la superficie.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

El estuario constituye un nexo de unión entre el río Piedras y el océano Atlántico, estando sujeto a la acción de las mareas y a la doble influencia de aguas dulces y marinas, donde, debido a la disminución de la corriente, se depositan sedimentos finos en el extremo proximal (fluvial), y progresivamente más gruesos hacia el extremo distal, ya en conexión con el mar.

El estuario del río Piedras es de tipo parcialmente mezclado. Las corrientes mareales son significativas en toda la masa de agua, y hay movimientos arriba y abajo del estuario con flujo y reflujo. Con estos movimientos se producen fenómenos de mezcla debidos a la fricción entre las aguas, las corrientes mareales de intensidad media (1-3 metros) que arriban mediante pulsos, y la fricción con el fondo. Estos procesos hacen que la haloclina esté mucho menos definida que en otros estuarios.

La ZEC Estuario del Río Piedras se caracteriza por la abundancia de nutrientes, lo que, unido a las condiciones de temperatura y turbidez relativamente elevadas, salinidad media-moderada, estratificación moderada de la columna de agua, profundidad somera y a las corrientes, posibilita el desarrollo de distintas comunidades bióticas más o menos interconectadas.

La conservación de este espacio dinámico, frágil y muy sensible a las alteraciones se ve en gran medida justificada por la riqueza y diversidad de las especies que sostiene, principalmente aves, que pueden aprovechar este ámbito para alimentarse o descansar, e incluso para nidificar, ya que el estuario es un ecosistema adecuado para el desarrollo de una rica ictiofauna que proporciona los recursos tróficos necesarios, además de situarse en las proximidades de otros espacios de destacada importancia en este sentido, como la contigua ZEC y ZEPA Marismas del Río Piedras y Flecha del Rompido, entre otros humedales de gran interés para las aves. Por último, estos espacios son lugar de paso obligado para multitud de especies migratorias, debido a la localización biogeográfica.

Sin embargo, en el estuario del río Piedras y su zona de influencia se desarrollan numerosas actividades cuya intensidad, estacionalidad y efectos pueden suponer un grave riesgo para la conservación de este espacio, amenazas que se identifican en la tabla 9.15.

En relación al riesgo de entrada de especies exóticas invasoras al estuario, por causas antrópicas o naturales, debe destacarse la relación directa de esta ZEC con otros espacios Red Natura 2000 y la importancia de esta amenaza por ser una de las causas más importantes de pérdida de biodiversidad, con gran impacto sobre los ecosistemas.

- *Zostera noltii*: Entre las prioridades de conservación en el ámbito de esta ZEC se ha incluido la fanerógama marina Zostera noltii en la zona inframareal (hábitats costeros 1110 Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda y 1140 Llanos fangosos o arenosos que no están cubiertos de agua cuando hay marea baja).

Las fanerógamas marinas se consideran por sí mismas indicadoras del buen estado ecológico de las aguas, desarrollando importantes funciones por ser sumideros de carbono, productores de oxígeno, aportar protección a playas y fondos frente al oleaje, y por propiciar importantes ecosistemas marinos.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Esta especie se sitúa sobre fondos blandos, fangosos o arenosos, contribuyendo a la estabilización de los mismos mediante sus raíces (rizomas) e incrementando la productividad del ecosistema, debido al aumento de biodiversidad que llevan asociadas, así como de oxígeno disuelto. En ambos casos su crecimiento es marcadamente estacional, condicionado por disponibilidad de nutrientes, temperatura y dinámica sedimentaria, y coincidiendo con la época de verano, en que se intensifican los usos en el territorio de esta ZEC.

La distribución de la *Zostera noltii* es abundante en la costa atlántica andaluza, donde se puede encontrar en los fondos limosos de la zona intermareal hasta a 1,5 metros de profundidad. En zonas temporalmente emergidas, sobre todo en los estuarios de grandes ríos, es una especie muy sensible a la alteración de su hábitat, que parece estar en regresión en el litoral andaluz por causas antrópicas y naturales relacionadas con el aumento de la turbidez y la proliferación de algas por eutrofización.

Según el último informe (2013) del Programa de Gestión del Medio Marino Andaluz, se constata la presencia de *Zostera noltii* en el río Piedras, aunque su evolución ha sufrido una drástica regresión: durante los años 2008-2010 las praderas se localizaban en ambas márgenes del río ocupando una superficie aproximada de unas 11 hectáreas en la zona intermareal.

Es en 2011 cuando las praderas de fanerógamas marinas sufren esta regresión. Se ve afectada también la fanerógama *Cymodocea nodosa* de la que actualmente no se ha detectado rastro de la especie en el río Piedras después de su desaparición en 2011; sin embargo de *Zostera noltii* se ha localizado en la ZEC, según la última información del proyecto Life+Posidonea (agosto 2014), una superficie de 0,12 hectáreas.

- Águila pescadora. Desaparecida en Andalucía desde los años 80 del siglo XX, es una especie especialista, por su alimentación piscívora y su relación con entornos acuáticos, nidificando en las proximidades de éstos, principalmente costeros. Es semicolonial, filopátrica y migradora, transahariana en caso de las poblaciones europeas, aunque algunas poblaciones son sedentarias.

En cuanto a las migraciones, las postnupciales en las poblaciones europeas se realizan entre agosto y octubre hacia las áreas de invernada en África. Las migraciones prenupciales hacia las áreas de cría se realizan entre marzo y mayo.

La distribución del águila pescadora se ha visto drásticamente reducida debido a múltiples amenazas, entre las que destacan la contaminación por DDT y la transformación de su hábitat (urbanizaciones costeras), incidiendo muy negativamente la sobrepesca y otras molestias humanas.

Esta ZEC, como lugar de alimentación y campeo de la especie, y toda la costa de Huelva junto a otros puntos del litoral gaditano, son considerados de interés para el asentamiento, reforzando además la conectividad entre poblaciones mediterráneas y macaronésicas. Sin embargo, esta posibilidad presenta evidentes amenazas debido a la variedad de usos que confluyen en el litoral y su intensificación durante el verano.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

9.2. POSIBLE AFECCIÓN A ESPACIOS DE LA RED NATURA 2000 Y ESTRATEGIA MARINA PARA LA DEMARCACIÓN SUDATLÁNTICA

9.2.1. LIC y ZEPA ES6150006 Marismas del Rio Piedras y Flecha del Rompido

En el formulario estándar de datos del LIC/ZEPA ES ES6150006 Marismas del Río Piedras y Flecha del Rompido de la red Natura 2000 se dice que *los impactos y actividades más importantes con elevado efecto en el lugar* son:

IMPACTOS NEGATIVOS			
Grado	Amenazas y presiones	Contaminación ambiental	Interno/ Externo
Bajo	J02.12	-	Interno
Bajo	E01	-	Externo
Medio	G05	-	Interno
Medio	F01	-	Interno
Medio	A08	-	Interno
Medio	A09	-	Interno
Medio	G01.01	-	Interno

IMPACTOS POSITIVOS			
Grado	Amenazas y presiones	Contaminación ambiental	Interno/ Externo
Bajo	U	-	Interno

Tabla 9.11. Impactos y actividades más importantes con efectos en la zona.

Código	Descripción
J02.12	Diques, terraplenes, playas artificiales, general
E01	Zonas urbanizadas, vivienda humana
G05	Otras intrusiones y perturbaciones humanas
F01	Acuicultura marina y de agua dulce
A08	Fertilización
A09	Irrigación
G01.01	Deportes náuticos
U	Desconocido

Tabla 9.12. Leyenda de la Tabla 9.11.

Como se aprecia en la Tabla 9.11, las presiones y/o amenazas que podrían guardar relación con la ejecución del proyecto son:

- **J02. Diques, terraplenes, playas artificiales, general**. Además de que el grado de este impacto es bajo, el proyecto consiste en la reparación de un embarcadero ya existente, por lo que no se va a construir un nuevo elemento que pueda afectar negativamente al medio natural.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- **G05 Otras intrusiones y perturbaciones humanas**. Aunque esta amenaza tiene un grado medio en cuanto al impacto no debe considerarse relevante, dado el número relativamente bajo de personas que acudirá a la zona si se tienen en cuenta las dimensiones del embarcadero.
- **G01.01 Deportes náuticos.** Si bien es una presión con un impacto medio, no es una actividad importante en la zona de estudio.

9.2.2. ZEC ES6150028 Estuario del Río Piedras

En el formulario estándar de datos de la ZEC ES6150028 Estuario del Río Piedras de la red Natura 2000 se dice que los impactos y actividades más importantes con elevado efecto en el lugar son:

IMPACTOS NEGATIVOS			
Grado	Amenazas y presiones	Contaminación ambiental	Interno/ Externo
Alto	D03.01.01	-	Interno
Alto	D03.01.02	-	Interno
Alto	D03.01.03	-	Interno
Alto	D03.02	-	Interno
Bajo	F02.03	-	Interno
Bajo	F05.06	-	Interno
Medio	G01.01.01	-	Interno
Bajo	G01.01.02	-	Interno
Bajo	G01.08	-	Interno
Bajo	G05.01	-	Interno
Medio	G05.03	-	Interno
Medio	H01.03	-	Interno
Bajo	H01.08	-	Interno/Externo
Medio	H03.01	-	Interno
Bajo	H03.03	-	Interno/Externo
Bajo	H06.01.02	-	Interno
Medio	I01	-	Interno
Medio	J02.01.02	-	Interno
Alto	J02.02.02	-	Interno
Medio	J02.03.02	-	Interno
Medio	J02.05	-	Externo
Medio	J02.12	-	Interno/Externo
Medio	J03.02	-	Interno/Externo
Medio	K01	-	Interno
Medio	K02	-	Interno

IMPACTOS POSITIVOS			
Grado	Amenazas y presiones	Contaminación ambiental	Interno/ Externo
Bajo	U	-	Interno

Tabla 9.13. Impactos y actividades más importantes con efectos en la zona.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Código	Descripción
D03.01.01	Varaderos
D03.01.02	Muelles/ puertos turísticos o muelles recreativos
D03.01.03	Puertos pesqueros
D03.02	Rutas de navegación
F02.03	Pesca recreativa
F05.06	Extracción con fines de recolección
G01.01.01	Deportes náuticos motorizados
G01.01.02	Deportes náuticos no motorizados
G01.08	Otros deportes al aire libre y actividades de ocio
G05.01	Pisoteo, uso excesivo
G05.03	Penetración/ perturbación bajo la superficie del fondo marino
H01.03	Otra fuente puntual de contaminación al agua superficial
H01.08	Contaminación difusa a las aguas superficiales debido a las aguas residuales domésticas y aguas residuales
H03.01	Derrames de petróleo en el mar
H03.03	Macro-contaminación marina (por ejemplo, bolsas de plástico, espuma de poliestireno)
H06.01.02	Contaminación acústica difusa o permanente
I01	Especies invasivas no nativas
J02.01.02	Recuperación de tierras de mar, ría o marisma
J02.02.02	Dragado estuarino y costero
J02.03.02	Canalización
J02.05	Modificación del funcionamiento hidrográfico, general
J02.12	Diques, terraplenes, playas artificiales, general
J03.02	Reducción antropogénica de la conectividad del hábitat
K01	Procesos naturales abióticos (lentos)
K02	Evolución biocenótica, sucesiones
U	Desconocido

Tabla 9.14. Leyenda de la Tabla 9.13.

Según la Tabla 9.13, las presiones y/o amenazas que podrían guardar relación con la ejecución del proyecto son:

- **D03.01.02 Muelles/ puertos turísticos o muelles recreativos**. El impacto de esta presión sobre el medio es alto, pero se debe considerar que la ejecución del proyecto no añadirá un nuevo elemento, sino que se limitará a reconstruir un embarcadero ya existente.
- **G01.01.01 Deportes náuticos motorizados**. El impacto de esta amenaza sobre el estado actual de la naturaleza es medio, aunque la ejecución del proyecto no debe influir en un aumento del número de embarcaciones que actualmente navega por la ría.
- **G01.01.02 Deportes náuticos no motorizados**. Se trata de una presión de bajo impacto, de la que se puede extraer la misma conclusión que la anterior.
- **G05.01 Pisoteo, uso excesivo**. Aunque de riesgo bajo, seguramente se trata del mayor riesgo que supone la ejecución de la obra, pues la reparación del embarcadero atraerá a un mayor número de gente a la zona.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- **J02.12 Diques, terraplenes, playas artificiales, general**. Aunque el grado de este impacto es medio, el proyecto consiste en la reparación de un embarcadero ya existente, por lo que no se va a construir un nuevo elemento que pueda afectar negativamente al medio natural.

Por su parte, el ***Plan de Gestión de la Zona Especial de Conservación Estuario del Río Piedras (ES6150028)*** (Anexo IV del *Proyecto de Orden por la que se aprueban los Planes de Gestión de las Zonas Especiales de Conservación Dehesa del Estero y Montes de Moguer -ES6150012-, Dunas del Odiel -ES6150013-, Marisma de Las Carboneras -ES6150017- y Estuario del RíoPiedras -ES6150028-*), considera una serie de presiones y amenazas respecto a las prioridades de conservación: HIC 1130, *Zostera noltii* y águila pescadora.

En general, las principales amenazas en el ámbito del Plan están relacionadas con el Puerto del Rompido, la realización de dragados y balizamientos, la actividad náutica y pesquera del estuario, así como el turismo y las actividades de ocio, teniendo presentes otras fuentes importantes de amenaza al espacio cuyo desarrollo tiene lugar fuera del ámbito del Plan, como la circulación de barcos petroleros por el litoral contiguo.

Por otro lado, una amenaza importante para la conservación de la calidad de las aguas del estuario la constituyen vertidos procedentes de emisarios, contaminación difusa de arroyos que afluyen al estuario, así como vertidos y deshechos de diferente naturaleza de los barcos.

A continuación se muestran las amenazas presentes en la ZEC Estuario del Río Piedras vinculadas a las prioridades de conservación seleccionadas, para cuyo análisis y valoración se han considerado las *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitats de interés comunitario de España*, 2009, así como los *Libros Rojos de Flora y Fauna de España y Andalucía*.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

TIPO DE AMENAZA	GRADO O IMPORTANCIA	HIC 1130	FANERÓGAMA MARINA	ÁGUILA PESCADORA	FUENTE
Transportes y Redes de comunicación (D)					
Áreas portuarias: gradas/rampas para barcos (D03.01.01)	A	m	m	m	BE, LR
Áreas portuarias: muelles / puertos turísticos o embarcaderos recreativos (V)	A	a	m	m	BE, LR
Áreas portuarias: puertos pesqueros (D03.01.03)	A	a	m	m	BE, LR
Rutas de navegación (incluye canales) (D03.02)	A	a	a	a	BE, LR
Uso de recursos biológicos diferentes de agricultura y silvicultura (F)					
Recolección de cebo (F02.03.01)	M	m	b	m	BE, LR
Pesca a caña (F02.03.02)	B	b	b	m	BE, LR
Capturas de coleccionistas (F05.06.)	B	b	b	b	BE, LR
Intrusión humana y perturbaciones (G)					
Deportes náuticos motorizados (G01.01.01)	M	m	m	m	BE, LR
Deportes náuticos no motorizados (G01.01.02)	B	b	m	b	BE, LR
Deportes al aire libre y actividades de ocio (G01.08)	B	b	b	m	BE, LR
Pisoteo, uso excesivo (G05.01)	B	b	b	m	BE, LR
Daños mecánicos producidos por el anclaje y amarre (G05.03)	M	m	m	b	BE, LR
Limpieza de playas (G05.05)	B	b	b	m	BE, LR

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Contaminación (H)					
Fuentes puntuales de contaminación de las aguas superficiales (H01.03)	**M**	m	m	b	BE, LR
Contaminación difusa de aguas superficiales causada por aguas de uso doméstico y aguas residuales (H01.08)	**B**	b	b	b	BE, LR
Vertidos de petróleo en el mar (H03.01)	**M**	m	m	b	BE, LR
Presencia de productos químicos tóxicos en el material vertido al mar (H03.02)	**M**	m	m	b	BE, LR
Macrocontaminación marina (bolsas de plástico, espuma de poliestireno) (H03.03)	**B**	b	b	b	BE, LR
Contaminación acústica difusa o permanente (H06.01.02)	**B**	b	b	m	BE, LR
Especies invasoras, especies problemáticas y modificaciones genéticas (I)					
Especies invasoras y especies alóctonas (I01)	**M**	m	m	b	BE, LR
Alteraciones del sistema natural (J)					
Recuperación de tierra, estuarios o marismas (J02.01.02)	**M**	b	a	b	CMAOT
Dragados en costas y estuarios (J02.02.02)	**A**	a	a	b	BE, LR
Canalizaciones (J02.03.02)	**M**	a	a	b	BE, LR
Alteraciones en las corrientes marinas (J02.05.01)	**M**	m	m	b	BE, LR
Alteraciones en las estructuras de los cursos de las aguas continentales (J02.05.02)	**M**	m	m	b	BE, LR
Alteraciones en las masas de aguas permanentes (J02.05.03)	**M**	m	m	m	BE, LR
Diques, muros de contención, playas artificiales, presas de marea, entre otras (J02.12)	**M**	m	m	m	BE, LR
Abandono de la gestión de los cuerpos de agua (J02.13)	**M**	m	m	b	BE, LR
Disminución o pérdida de las características específicas de un hábitat (disminución de presas, etc.) (J03.01)	**M**	m	b	m	BE, LR
Disminución de la conectividad de los hábitats debida a causas antropogénicas (J03.02)	**M**	m	m	m	BE, LR
Procesos naturales bióticos y abióticos (K)					
Procesos abióticos naturales (lentos): erosión, colmatación, desecación, salinización de suelos (K01)	**M**	m	m	m	BE, LR
Evolución biocenótica: sucesiones, acumulación de materia orgánica, eutrofización y acidificación (naturales) (K02)	**M**	m	m	b	BE, LR
Relaciones interespecíficas de fauna (K03)	**B**	b	b	m	BE, LR
Relaciones interespecíficas de flora (K04)	**B**	b	m	b	BE, LR
Catástrofes naturales y acontecimientos geológicos (L)					
Maremotos, tsunamis (L02)	**B**	b	b	b	BE, LR

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Tipo de amenaza: Directrices para la obtención y transmisión de información relativa a vigilancia y protección especial. Comité de Fauna y Flora Silvestres de la Comisión Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad.
Grado o importancia de amenaza: A. Importancia elevada; **M.** Importancia media; **B.** Importancia baja.
Prioridad: Impacto bajo **(b)**, medio **(m)** y alto **(a)** de la prioridad de conservación de la ZEC.
Fuente: BE. Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitats de interés comunitario de España, 2009; **LR.** Libros Rojos de Flora y Fauna de España y Andalucía. **CMAOT.** Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

Tabla 9.15. Tabla de impactos de la ZEC Estuario del Río Piedras.

9.2.3. Estrategia Marina para la Demarcación Sudatlántica

La **Estrategia Marina** de la **Demarcación Sudatlántica** es la estrategia marina que se aplica a la demarcación marina sudatlántica, que representa el medio marino en el que España ejerce soberanía o jurisdicción comprendido entre el límite de las aguas jurisdiccionales entre España y Portugal en el golfo de Cádiz y el meridiano que pasa por el cabo de Espartel.

Esta estrategia es el principal instrumento de planificación orientado a la consecución del buen estado ambiental del medio marino en la demarcación marina sudatlántica y constituye el marco general al que deberán ajustarse las diferentes políticas sectoriales y actuaciones administrativas con incidencia en el medio marino de acuerdo con lo establecido en la legislación sectorial correspondiente.

Actualmente la demarcación sudatlántica cuenta con una evaluación inicial, la definición de su buen estado ambiental, la identificación de los objetivos ambientales y el diseño de los Programas de Seguimiento a implementar.

Así, esta estrategia evalúa una serie de presiones e impactos negativos que se van a citar a continuación para comprobar si alguno de ellos pudiera guardar relación con la naturaleza del presente proyecto.

1. PÉRDIDAS FÍSICAS

1.1. Modificación del perfil de fondo y/o enterramiento

1.1.1. Extracción de sólidos: explotación de yacimientos submarinos y dragados portuarios
1.1.2. Vertidos de material dragado
1.1.3. Regeneración de playas y creación de playas artificiales
1.1.4. Cables y tuberías
1.1.5. Arrecifes artificiales y hundimiento controlado de pecios

1.2. Sellado

1.2.1. Infraestructuras portuarias y de defensa
1.2.2. Exploración y explotación de hidrocarburos. Pozos y plataformas
1.2.3. Arrecifes artificiales y hundimiento controlado de pecios
1.2.5. Parques eólicos marinos

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

2. DAÑOS FÍSICOS

2.1. Alteración de las condiciones hidrodinámicas y modificación de la sedimentación

2.1.1. Infraestructuras portuarias y de defensa
2.1.2. Retención de caudal fluvial en embalses y otras infraestructuras de regulación
2.1.3. Extracción de sólidos: explotación de yacimientos submarinos y dragados portuarios
2.1.4. Arrecifes artificiales y hundimiento controlado de pecios
2.1.5. Vertido de material portuario dragado
2.1.6. Regeneración de playas y creación de playas artificiales
2.1.7. Bateas para el cultivo de mejillones

2.2. Abrasión

2.2.1. Extracción de especies pesqueras de interés comercial mediante el arte de arrastre
2.2.2. Fondeo de embarcaciones
2.2.3. Extracción de sólidos: explotación de yacimientos submarinos y dragados portuarios
2.2.4. Buceo recreativo

2.3. Extracción selectiva

2.3.1. Extracción de sólidos: explotación de yacimientos submarinos y dragados portuarios
2.3.2. Exploración y explotación de hidrocarburos. Plataformas

3. OTRAS PERTURBACIONES FÍSICAS

3.1. Ruido submarino

3.1.1. Cables y tuberías
3.1.2. Exploración y explotación de hidrocarburos
3.1.3. Investigación
3.1.4. Vertidos de material portuario dragado
3.1.5. Extracción de sólidos: explotación de yacimientos submarinos y dragados portuarios
3.1.6. Infraestructuras portuarias y de defensa
3.1.7. Navegación

3.2. Basuras marinas

3.2.1. Basura marina
3.2.2. Naufragios
3.2.3. Municiones y armamento obsoleto

3.3. Otras perturbaciones físicas

3.3.1. Estructuras permanentes offshore
3.3.2. Extracción de sólidos: explotación de yacimientos submarinos y dragados portuarios

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

3.3.3. Almacenes de dióxido de carbono
3.3.4. Extracción de agua de mar

4. INTERFERENCIA CON LOS PROCESOS HIDROGRÁFICOS

4.1. Modificaciones significativas del régimen térmico

4.2. Modificaciones significativas del régimen de salinidad

5. CONTAMINACIÓN POR SUSTANCIAS PELIGROSAS

5.1. Vertidos accidentales o no controlados

5.1.1. Vertidos accidentales desde buques
5.1.2. Aportes desde ríos
5.1.3. Contaminación difusa por deposición atmosférica
5.1.4. Contaminación difusa por escorrentía

5.2. Vertidos sistemáticos y/o intencionados

5.2.1. Vertidos líquidos controlados
5.2.2. Vertidos sólidos controlados

5.3. Introducción de radionucleidos

6. ACUMULACIÓN DE NUTRIENTES Y MATERIAS ORGÁNICAS

6.1. Entrada de fertilizantes y otras sustancias ricas en nitrógeno y fósforo

6.1.1. Vertidos directos y entrada desde ríos
6.1.2. Acuicultura
6.1.3. Vertidos sólidos
6.1.4. Contaminación difusa por deposiciones atmosféricas
6.1.5. Contaminación difusa por escorrentía

6.2. Entrada de materias orgánicas

7. PERTURBACIONES BIOLÓGICAS

7.1. Introducción de organismos patógenos microbianos

7.1.1. Vertidos de aguas residuales
7.1.2. Acuicultura
7.1.3. Descarga de aguas de lastre
7.1.4. Aguas de baño
7.1.5. Cría de moluscos

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

7.2. Introducción de especies alóctonas y transferencias

7.2.1. Incrustaciones biológicas
7.2.2. Descarga de aguas de lastre
7.2.3. Pesca comercial y recreativa
7.2.4. Arrastres
2.7.2.5. Canal de Suez
7.2.6. Acuicultura
7.2.7. Cebo vivo y algas de empaque
7.2.8. Aquariofilia
7.2.9. Vertidos de material dragado
7.2.10. Investigación y educación
7.2.11. Control biológico
7.2.12. Alteraciones del flujo natural del agua
7.2.13. Construcción de estructuras o alteración de hábitats

7.3. Extracción selectiva de especies

7.3.1. Extracción de especies pesqueras de interés comercial
7.3.2. Extracción de moluscos y otros invertebrados con fines comerciales
7.3.3. Acuicultura
7.3.4. Extracción de especies pesqueras con fines recreativos
7.3.5. Capturas accesorias accidentales

Se han marcado con un recuadro verde las presiones y amenazas a tener en cuenta según las características del proyecto. A continuación se analizarán en detalle para evaluar su posible impacto.

- ***Navegación***

Las pequeñas embarcaciones, tanto de recreo como de pesca, generan un ruido cuyas características dependen del tipo de motor, el tamaño de la embarcación y su velocidad. Sin embargo, la Demarcación Marina hace referencia a buques y pesqueros de mayor tamaño al que normalmente se encuentran en la zona de estudio y, desde luego, a los que van a utilizar el embarcadero.

Por tanto, no se considera que esta presión pueda verse intensificada por la ejecución del proyecto.

- ***Basura marina***

Se define como basura marina a cualquier sólido persistente de origen no natural (manufacturado), que haya sido desechado, depositado o abandonado en ambientes marinos y/o costeros (Galgani *et al.*, 2010).

En este caso, aunque es evidente que la puesta en marcha del proyecto como tal no es una amenaza desde el punto de vista del depósito de basura, debe considerarse que la mayor accesibilidad a la zona gracias al embarcadero atraerá a más gente

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

de la que actualmente transita por ella, por lo que de forma indirecta sí que puede ser un foco potencial de acumulación de desperdicios si no se toman las medidas oportunas.

- ***Construcción de estructuras o alteración de hábitats***

En este apartado de la Estrategia Marina se dice: *El trasporte de materiales ligado a estas intervenciones (materiales de construcción, equipos, movimientos de sedimentos, etc.) pueden constituir vectores de entrada, pero sobre todo favorecer el asentamiento de alóctonas introducidas por otras vías al cambiar las condiciones locales*.

Es cierto que el transporte de materiales puede llevar consigo la entrada de especies alóctonas, sin embargo, dado que no se van a realizar obras de gran envergadura, se entiende que difícilmente la reposición de algunos materiales o equipos pueden suponer una presión sobre el medio marino.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

10. DINÁMICAS RESULTANTES DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Cuando se estudian de manera teórica los posibles efectos del cambio climático en los elementos de litoral se observa claramente que pequeños cambios en los parámetros que definen el oleaje incidente en la costa, así como el posible aumento del nivel medio del mar, pueden acarrear importantes consecuencias en la zona costera. Este capítulo tiene como objetivo resumir los efectos más importantes que se pueden producir en la zona de estudio, para lo cual se recurrirá al *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático* (PNACC), resultado de un convenio de colaboración entre la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y la Universidad de Cantabria.

A continuación se analizan los resultados de tendencias de diversos parámetros representativos de los regímenes medio y extremal de clima marítimo y las tendencias de variación del nivel medio del mar:

10.1. Oleaje (Altura de ola significante, Período medio, Dirección del oleaje):
- Régimen medio de altura de ola significante.
- H_{s12} (altura de ola superada sólo 12 días al año).
- Dirección del flujo medio de energía.
- Duraciones de excedencias de altura de ola significante.
- Régimen extremal de altura de ola significante: frecuencias.
- Régimen extremal de altura de ola significante: intensidades.
- H_{T50} (altura de ola significante de 50 años de período de retorno).

10.2. Marea meteorológica
- Régimen medio de marea meteorológica.
- Régimen extremal de mareas meteorológicas: frecuencias.
- Régimen extremal de mareas meteorológicas: intensidades.
- MM_{T50} (marea meteorológica de 50 años de período de retorno).

10.3. Viento
- Régimen medio de viento.
- Dirección del transporte potencial eólico.
- Duraciones de excedencia de viento.
- Régimen extremal de viento: frecuencias.
- Régimen extremal de viento: intensidades.
- W_{T50} (velocidad del viento de 50 años de período de retorno).

10.4. Nivel del mar
- Tendencia actual.
- Previsión de cambio.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Los resultados de tendencias se presentan gráficamente con un código de colores en el que rojo significa aumento y azul, disminución. Para la representación de tendencias de intensidad de eventos extremales se emplea sólo la variable de período de retorno de 50 años y su variación, pues su comportamiento está muy ligado a las variaciones obtenidas para los eventos extremales analizados. Las variaciones que se describen a continuación son indicadores del comportamiento de las variables analizadas y su tendencia de cambio a lo largo de 44 años. Estas tendencias pueden ser extrapoladas hasta el año 2050 con cierta fiabilidad, algo que se debe considerar idóneo para un estudio de dinámica litoral como éste.

10.1. OLEAJE

10.1.1. Régimen medio de altura de ola significante

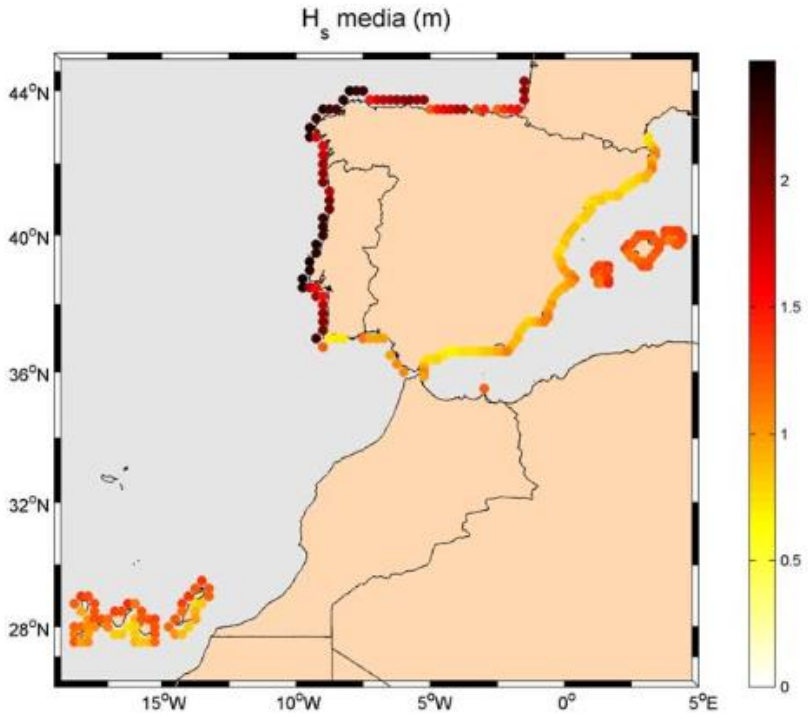


Figura 10.1. Altura de ola significante media en el período 1958-2001.

Como se observa en la siguiente figura, en la zona de estudio se ha producido una leve bajada en la altura de ola media entre los años 1958 y 2001:

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

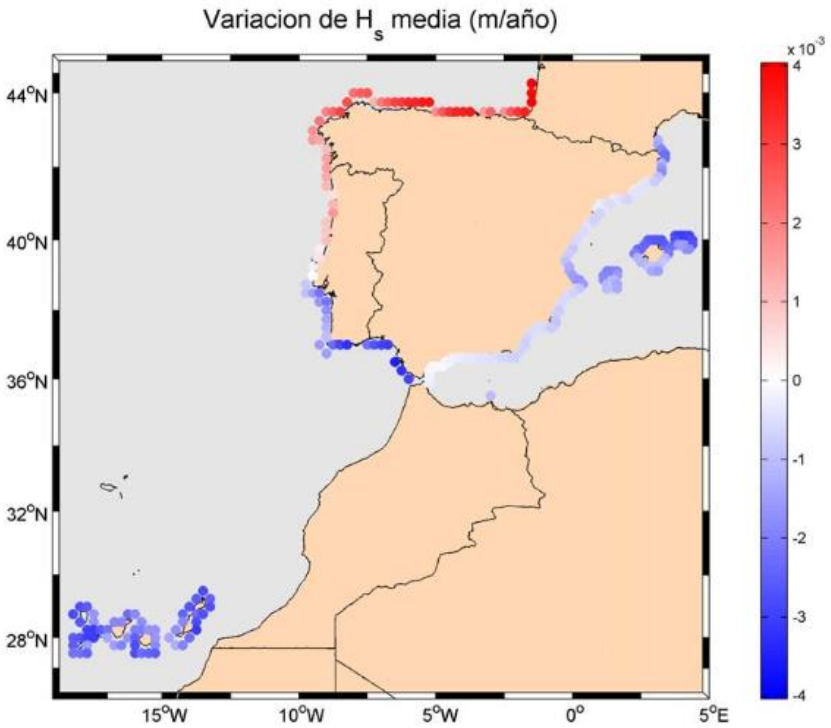


Figura 10.2. Variación de la altura de ola significante media en el período 1958-2001.

10.1.2. H_{s12} (altura de ola superada sólo 12 horas al año)

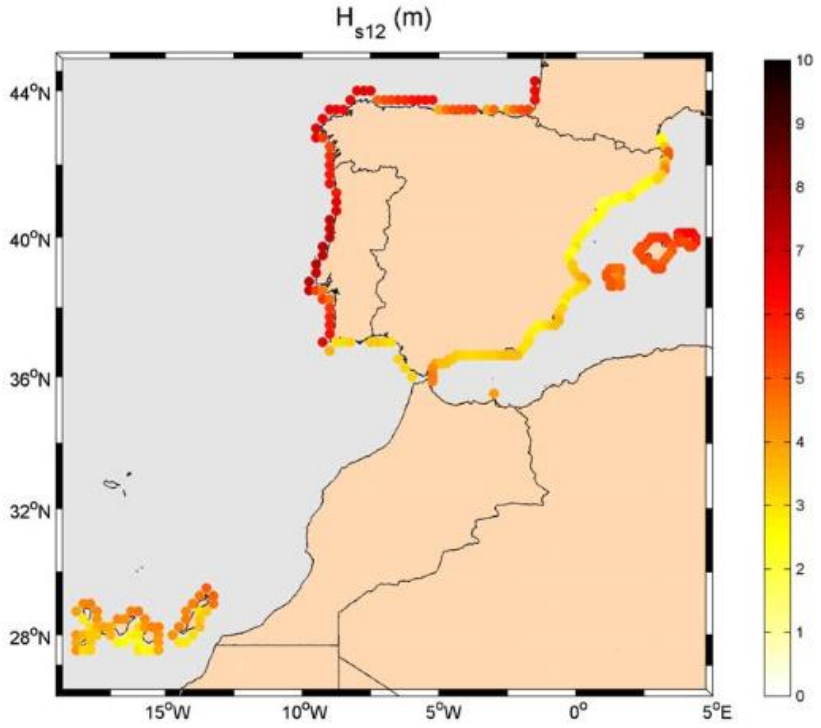


Figura 10.3. Altura de ola significante superada sólo 12 horas al año en el período 1958-2001.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

En la siguiente figura se ve claramente cómo la tendencia de la altura de ola significante superada sólo 12 horas al año ha sido de bajada en el tramo de costa evaluado:

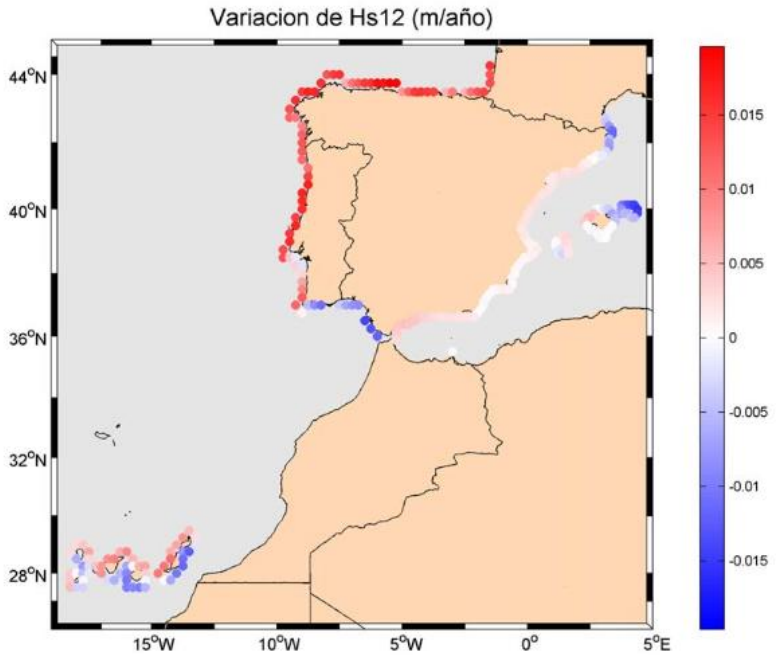


Figura 10.4. Variación de altura de ola significante superada sólo 12 horas al año en el período 1958-2001.

10.1.3. Dirección del flujo medio de energía

En la Figura 10.5 se representa la dirección del flujo medio de energía del oleaje, que coincide con la dirección de los oleajes más energéticos.

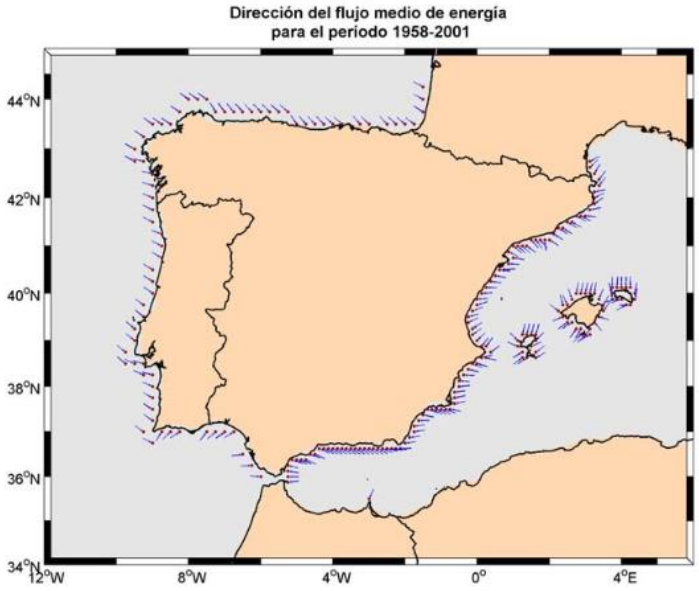


Figura 10.5. Dirección del flujo medio de energía del oleaje en el período 1958-2001.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

El análisis de tendencias muestra que no ha habido ni se espera que haya variaciones reseñables en la Flecha de El Rompido:

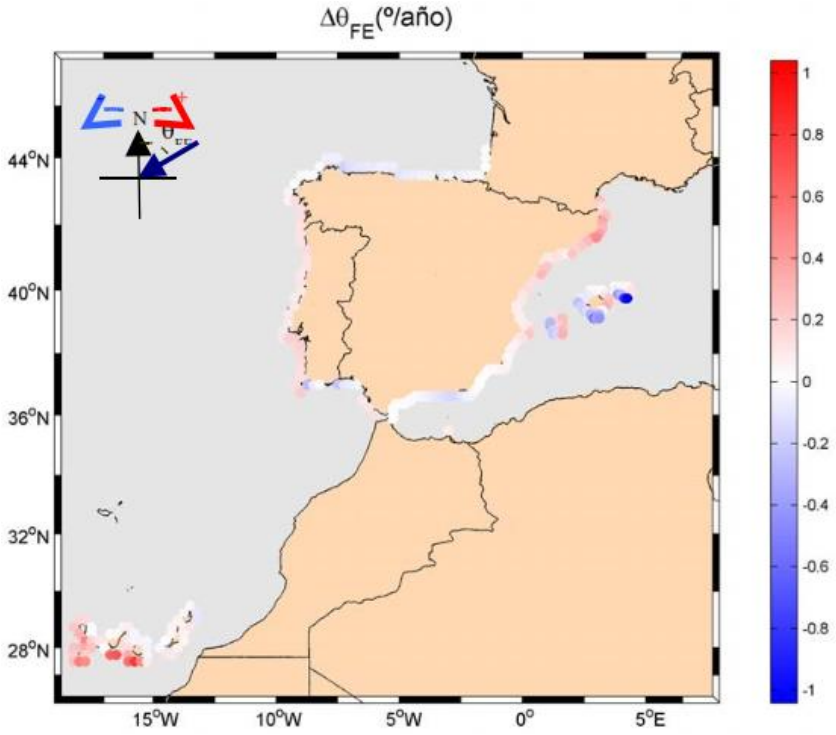


Figura 10.6. Variación de la dirección del flujo medio de energía del oleaje en el período 1958-2001.

10.1.4. Duraciones de excedencia de altura de ola significante

Las duraciones de excedencia de altura de la ola guardan una gran relación con la estabilidad de las playas (variación de las bermas o de la profundidad de cierre). En la Figura 10.7 se observa, en la gráfica superior, la variación media anual de la duración media (en horas) de los eventos marítimos que superan el 98% de las alturas de ola significantes asociadas al régimen medio. En la gráfica inferior se muestra la variación anual del tiempo máximo de excedencia más probable cada año (en horas).

Respecto a las variaciones de la duración media, se observa un ligero descenso en la zona de estudio tras 44 años.

Para el caso de las duraciones máximas, se observa una considerable disminución de las mismas.

Por último, para el caso del número de sucesos al año, se obtiene para ellos una ligera disminución.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

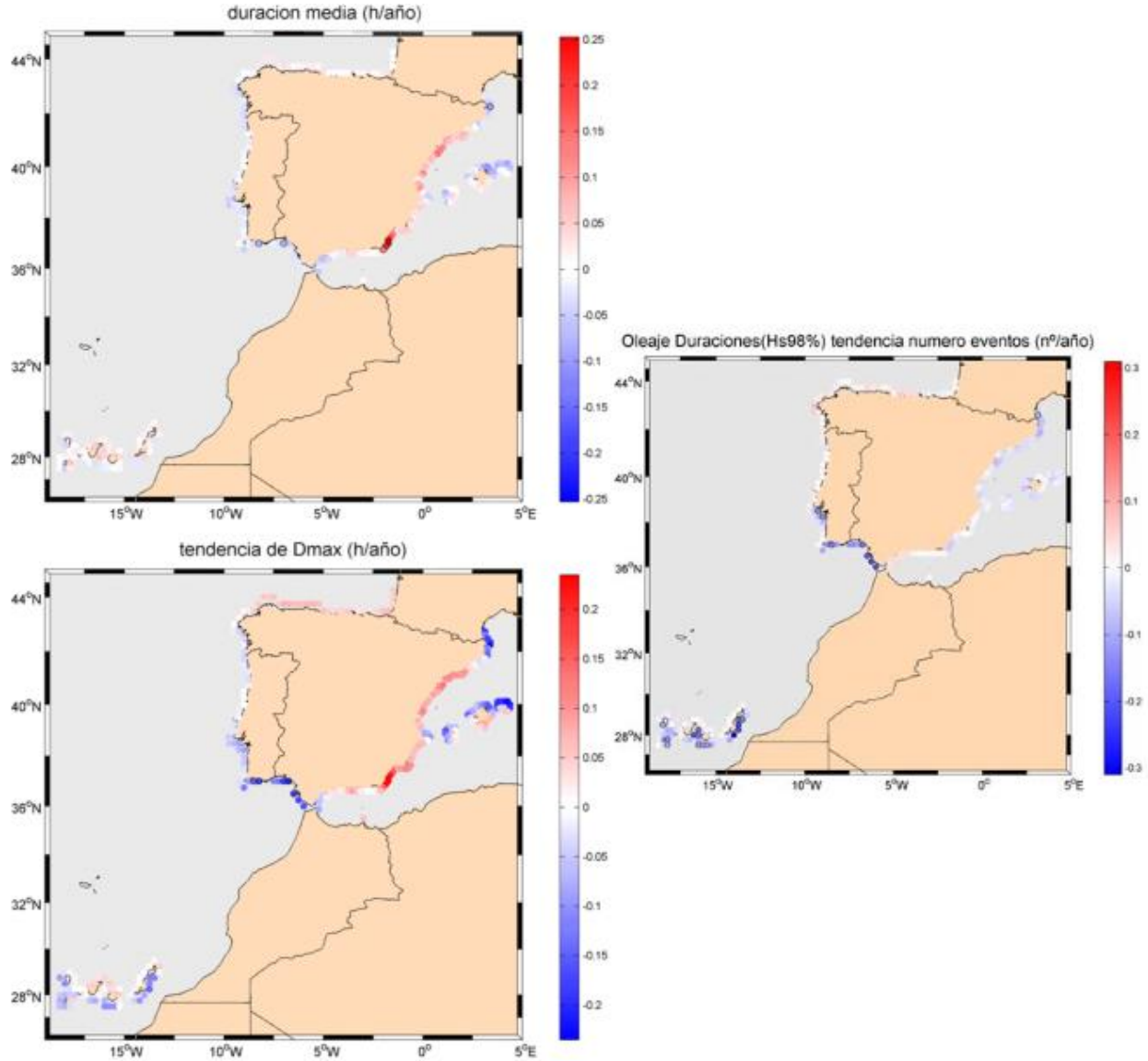


Figura 10.7. Resultados del análisis de tendencias para duraciones de excedencia de altura de ola significante en el período 1958-2001.

10.1.5. Régimen extremal de altura de ola significante: frecuencias

Respecto al número medio de temporales al año (definidos como sucesos independientes que superan el umbral del percentil 95% de H_s), los resultados se representan en la siguiente figura:

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

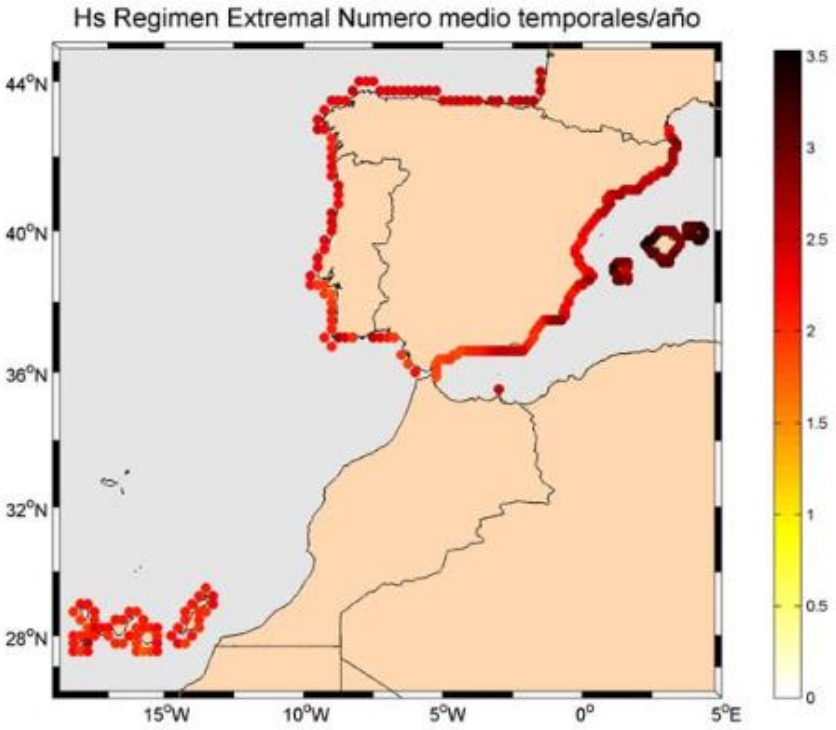


Figura 10.8. Número medio de temporales al año durante el período 1958-2001.

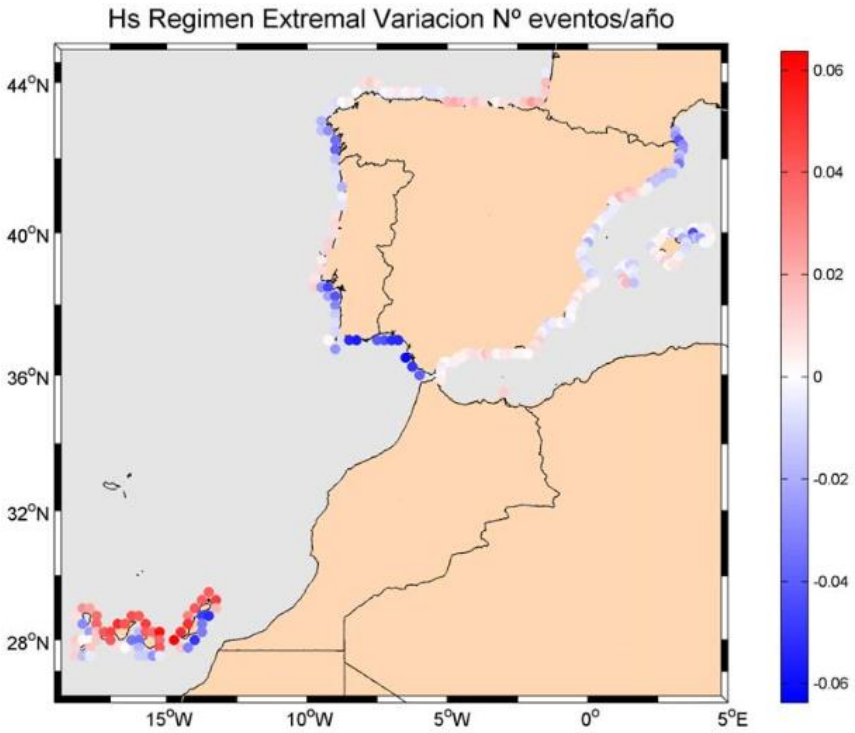


Figura 10.9. Variación del número medio de temporales al año durante el período 1958-2001.

Como se observa en la figura anterior, en la flecha de El Rompido se esperan bajadas en el número de eventos al año.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

10.1.6. Régimen extremal de altura de ola significante: intensidades

En la Figura 10.10 se puede apreciar que la H_{T50}tiene una magnitud media en la Flecha de El Rompido:

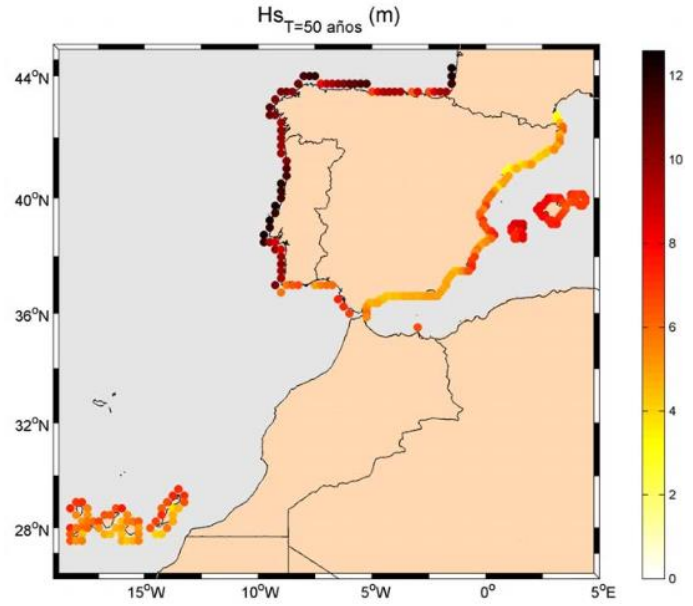


Figura 10.10. Altura de ola significante de 50 años de período de retorno para el período 1958-2001.

Las variaciones mostradas en la H_{T50} (Figura 10.11) indican que la magnitud de los eventos extremales se ha visto ligeramente reducida, y se espera que siga siendo así en los próximos años.

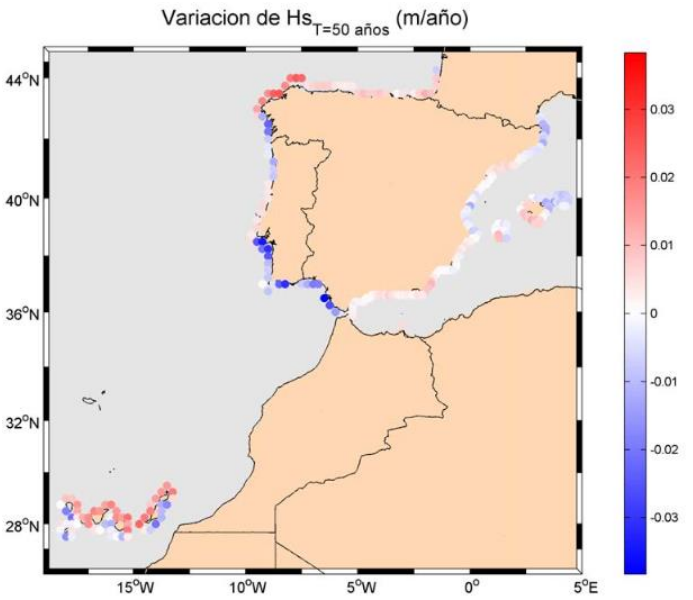


Figura 10.11. Variación de la altura de ola significante de 50 años de período de retorno para el período 1958-2001.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

10.2. MAREA METEOROLÓGICA

10.2.1. Régimen medio de marea meteorológica

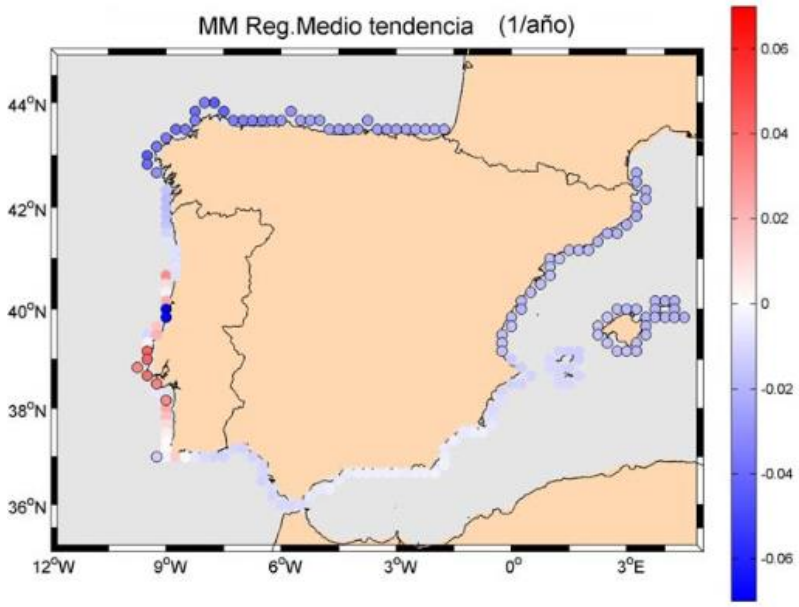


Figura 10.12. Variaciones del régimen medio de la marea meteorológica durante el período 1958-2001.

Como en los casos anteriores, queda patente la estabilidad de la zona de estudio, pues la marea meteorológica no ha sufrido variaciones importantes.

10.2.2. Régimen extremal de marea meteorológica: frecuencias

En cuanto a la frecuencia de los sucesos extremos de marea meteorológica en el área estudiada, como se ve en la siguiente figura, se ha producido una disminución de la misma, tendencia que se espera continúe en las próximas décadas:

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

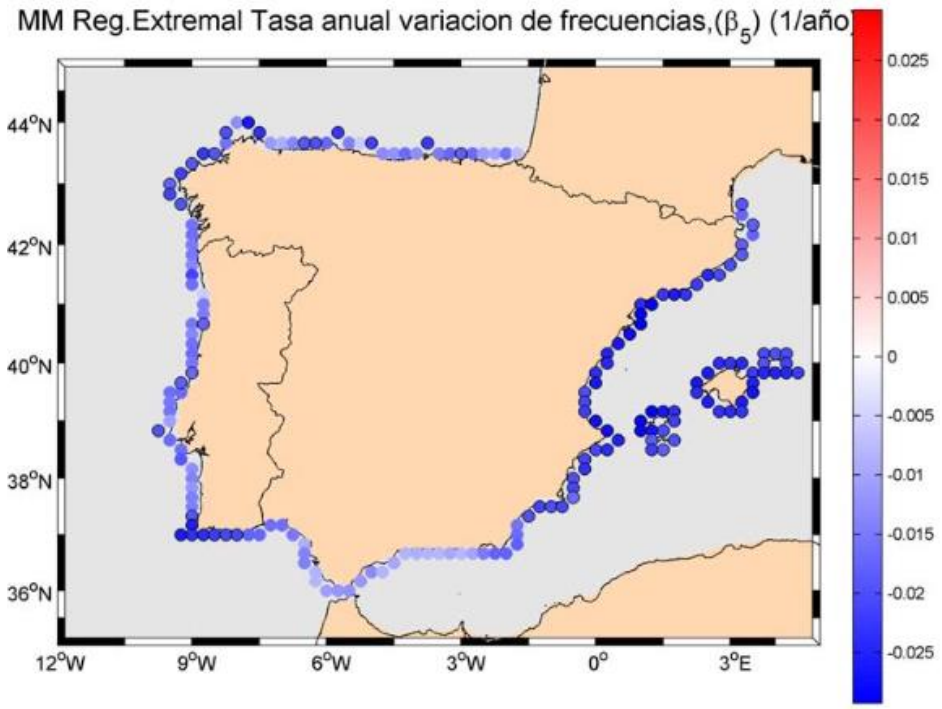


Figura 10.13. Variaciones en la ocurrencia de sucesos extremales de la marea meteorológica durante el período 1958-2001.

10.2.3. Régimen extremal de marea meteorológica: intensidades

En concordancia con los resultados de H_{T50}, la MM_{T50} presenta los valores poco importantes en el ámbito de estudio, pues es donde el área de generación del proceso que provoca residuos en la marea es menor.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

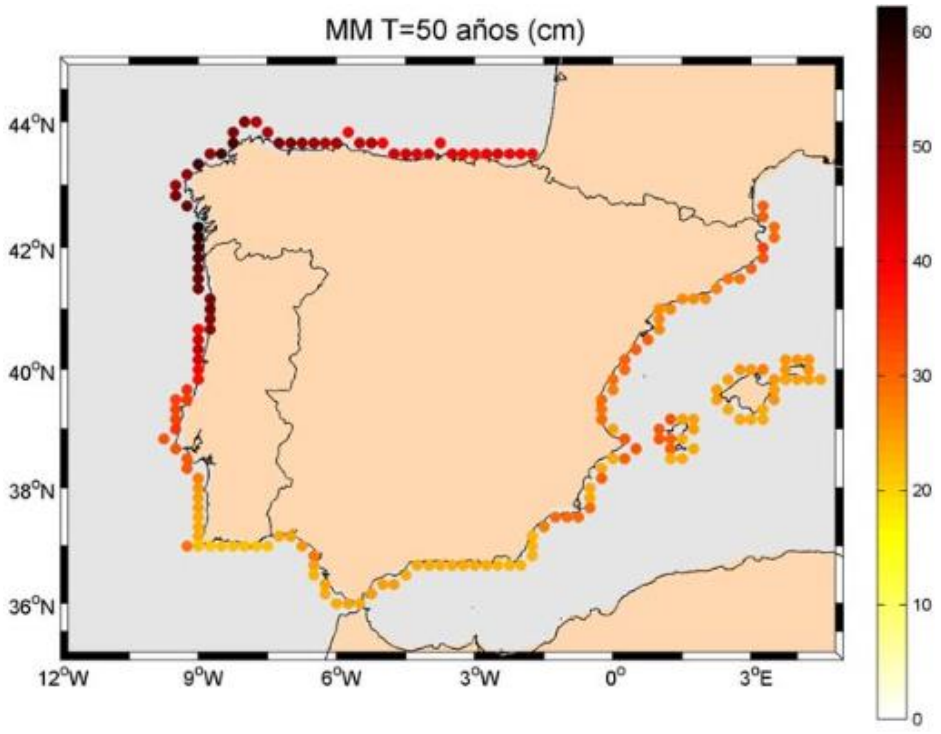


Figura 10.14. Marea meteorológica de 50 años de período de retorno.

En la zona de estudio se ha producido una disminución de la intensidad del régimen extremal de marea meteorológica en los 44 años estudiados:

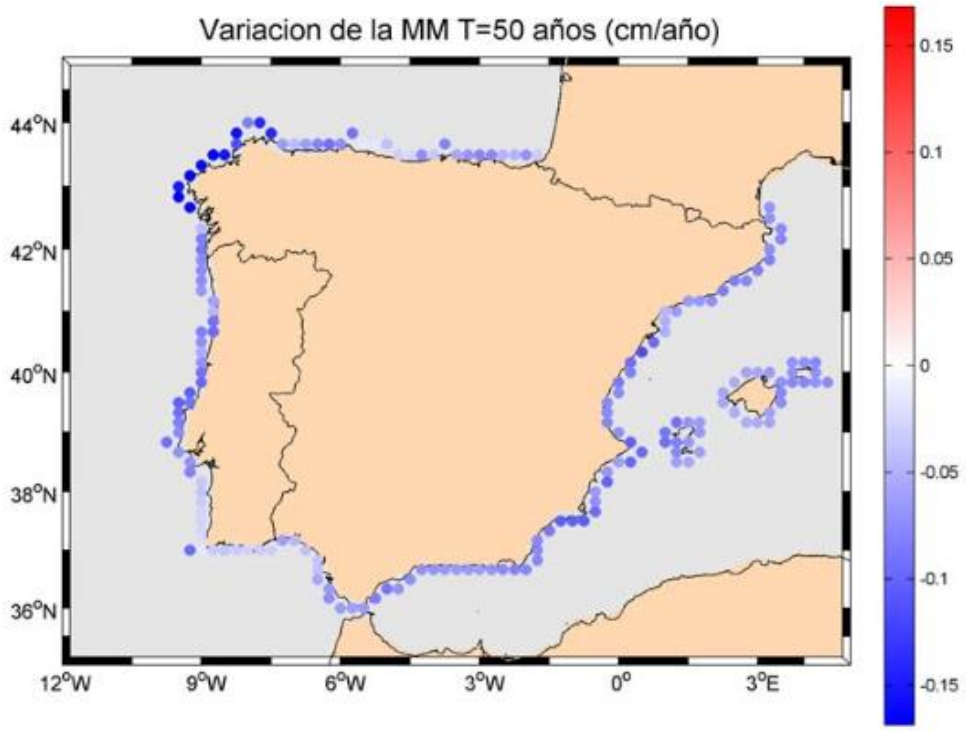


Figura 10.15. Variación de la marea meteorológica de 50 años de período de retorno.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

10.3. VIENTO

10.3.1. Régimen medio de viento

Como corresponde a una playa ubicada en la costa de Huelva, la zona de estudio cuenta con una velocidad del viento considerable, superior a las velocidades medias de buena parte de la costa española.

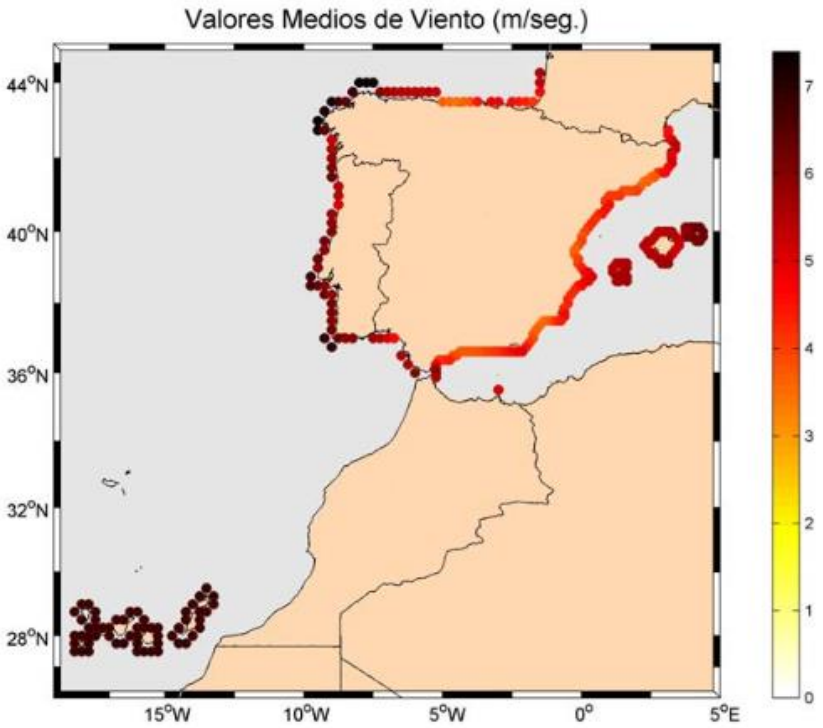


Figura 10.16. Velocidades del viento medias durante el período 1958-2001.

En cuanto a las variaciones en la velocidad media del viento, se espera que sean muy pequeñas, e incluso disminuya:

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

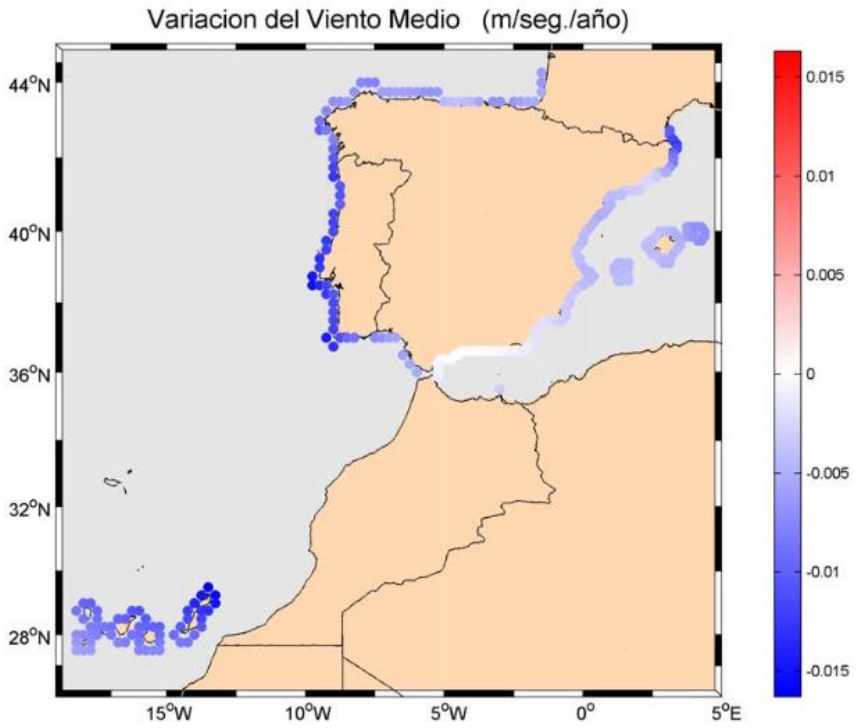


Figura 10.17. Variación del viento medio durante el período 1958-2001.

10.3.2. Dirección del transporte potencial eólico

En la Figura 10.18 se observa que la dirección del viento predominante es de componente NW (*Poniente*):

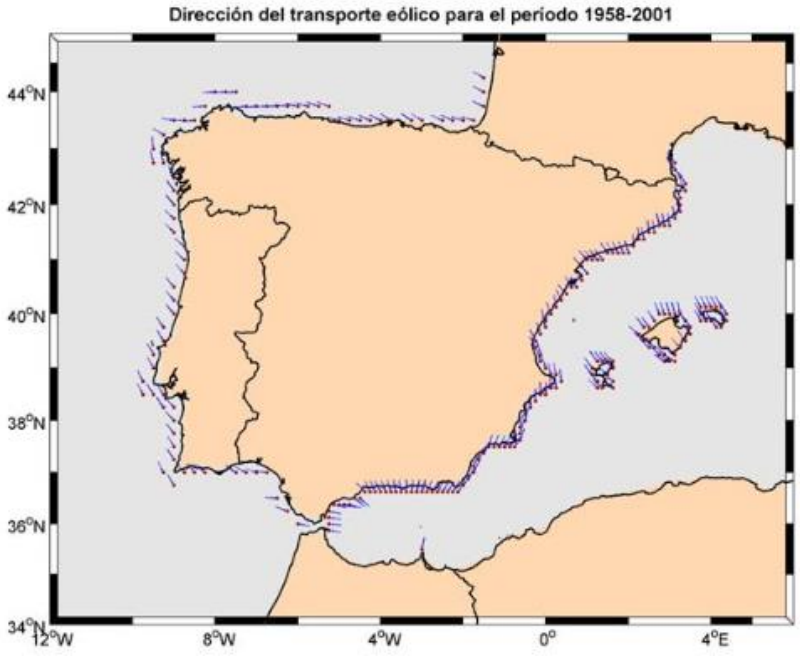


Figura 10.18. Dirección del transporte eólico durante el período 1958-2001.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

En este caso, se ha producido un ligero cambio en la dirección del transporte eólico, algo que se espera se mantenga en las próximas décadas.

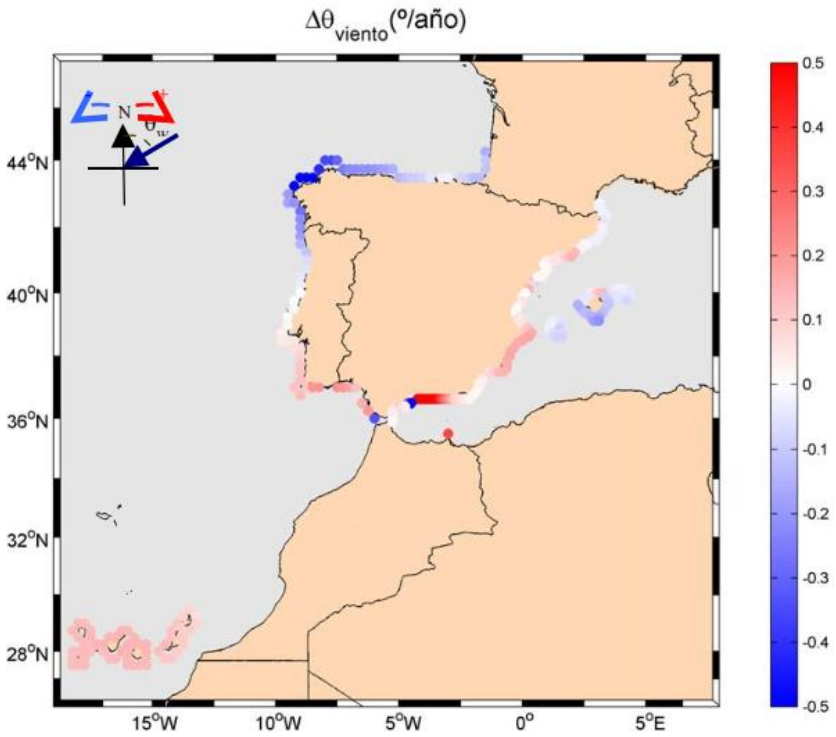


Figura 10.19. Variación de la dirección del transporte eólico durante el período 1958-2001.

10.3.3. Duraciones de excedencias de viento

Las variaciones de duraciones de excedencia de viento influyen en diversos aspectos del litoral, como en las maniobras portuarias o en el uso de las playas. Las variaciones detectadas para el caso de variaciones de excedencia de viento (Figura 10.20) no indican variaciones en la zona de estudio. La gráfica de la parte derecha muestra la variabilidad en la frecuencia de estas duraciones; en ella se observa un descenso considerable del número de eventos al año.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

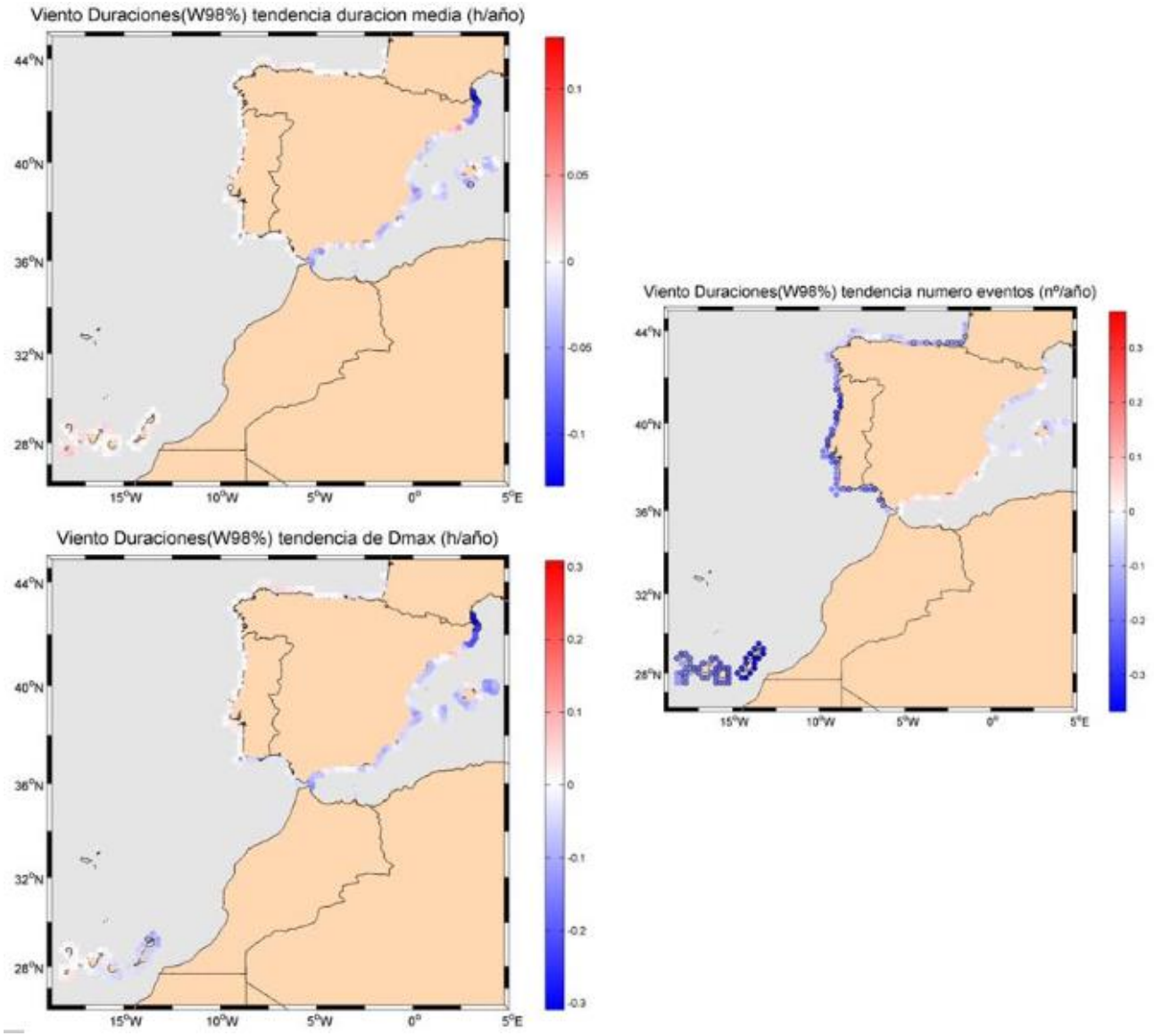


Figura 10.20. Resultados del análisis de tendencias de duraciones de excedencia de viento durante el período 1958-2001.

10.3.4. Régimen extremal de viento: frecuencias

Como en el caso del oleaje, los eventos extremos son sucesos independientes que superan el umbral del 95%. En la siguiente figura se aprecia la tendencia descendente que se han producido en el tramo de costa estudiado.

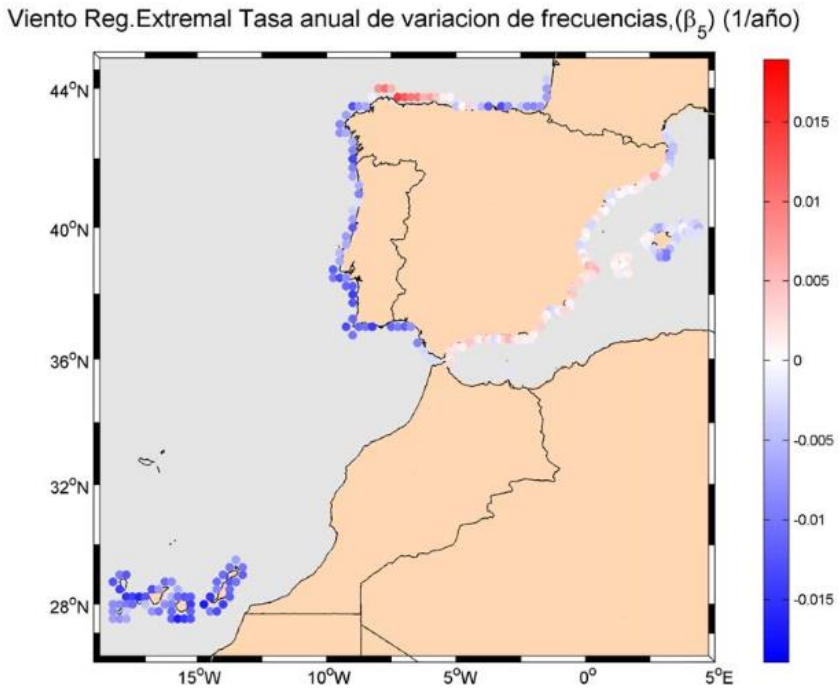


Figura 10.21. Variación de la ocurrencia de eventos extremales de viento durante el período 1958-2001.

10.3.5. Régimen extremal de viento: intensidades

El viento de período de retorno de 50 años, W_{T50}, presenta una gran uniformidad en la zona de estudio, aunque supera los 70 km/h.

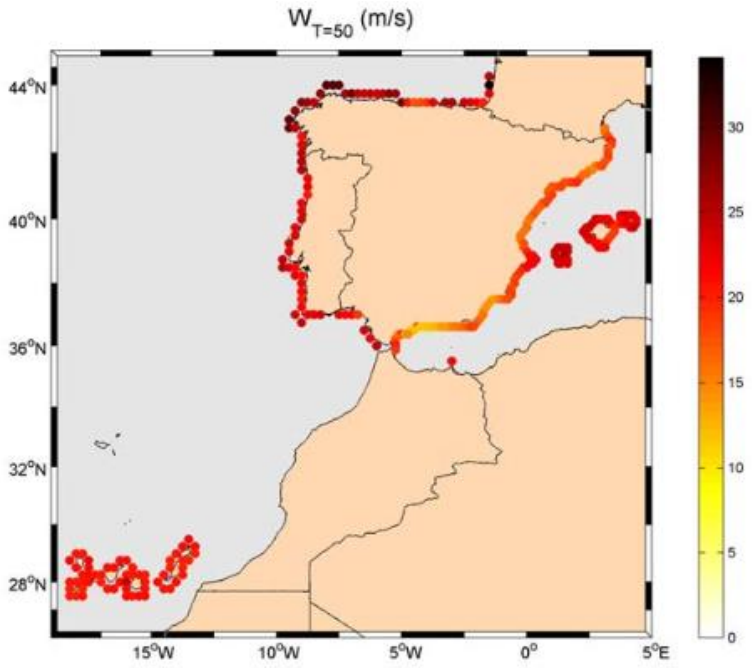


Figura 10.22. Velocidad del viento de 50 años de período de retorno.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Como se observa en la figura siguiente, las variaciones que se han producido y se espera que se produzcan en el área de interés son a la baja.

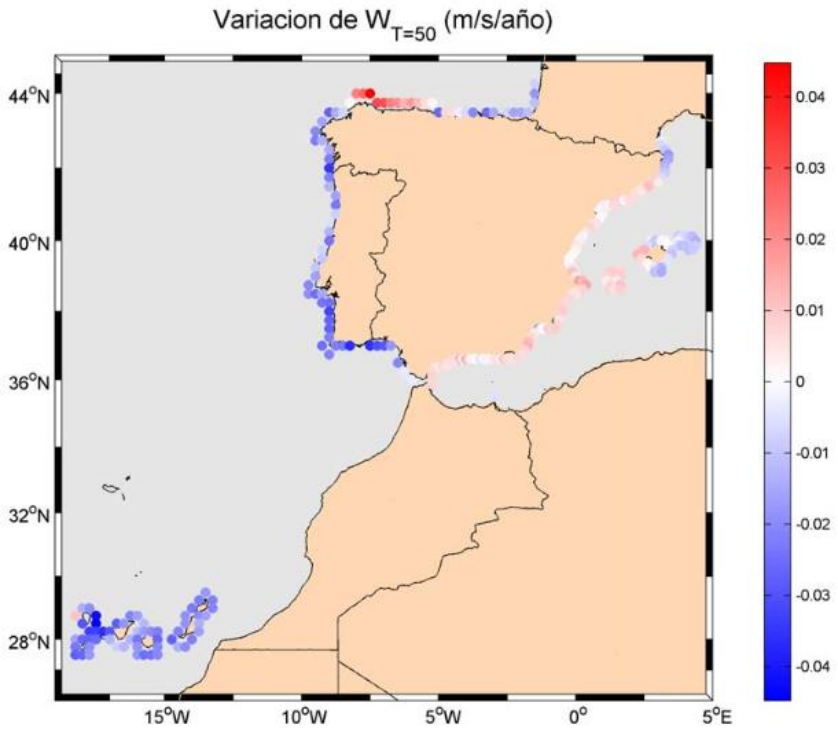


Figura 10.23. Variación de la velocidad del viento de 50 años de período de retorno.

10.4. VARIACIÓN DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

Si se observan en la siguiente figura las predicciones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en el año 2050, para todos los diferentes escenarios de cambio climático, prácticamente todos ellos coinciden en su valor medio en el entorno de +0.20m, con una banda de confianza entre +0.15m y +0.30m. Por tanto, el valor de ascenso del nivel medio del mar que se ha considerado es de +0.25m.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

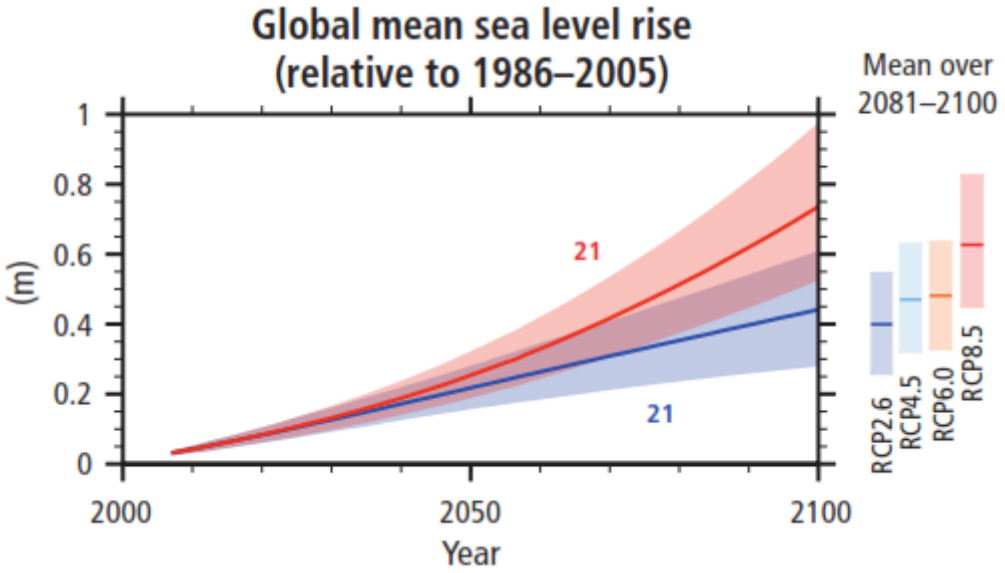


Figura 10.24. Escenarios de subida del nivel medio del mar (IPCC, 5º Informe de Evaluación del Cambio Climático, 2014).

Cabe señalar que la tendencia actual de variación del nivel medio del mar que considera el IPCC es de 2.0 mm/año (entre 1.7mm y 2.3 mm), por lo que, extrapolado al año 2050, se obtendría una subida del nivel medio de +0.072 m. Sin embargo, esta extrapolación no tiene en cuenta ninguna modificación a largo plazo de los factores que condicionan la variación del nivel del mar.

10.5. RESUMEN DE RESULTADOS

A continuación se presenta, de forma agregada, los resultados obtenidos para las principales variables analizadas en distintas áreas geomorfológicas del litoral español, siendo en este caso la de interés la número III. Se representan los valores medio, máximo y mínimo, así como su principal variación obtenida. En la Figura 10.25 se exponen los resultados del régimen medio, y en la 10.26, los correspondientes al régimen extremal.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

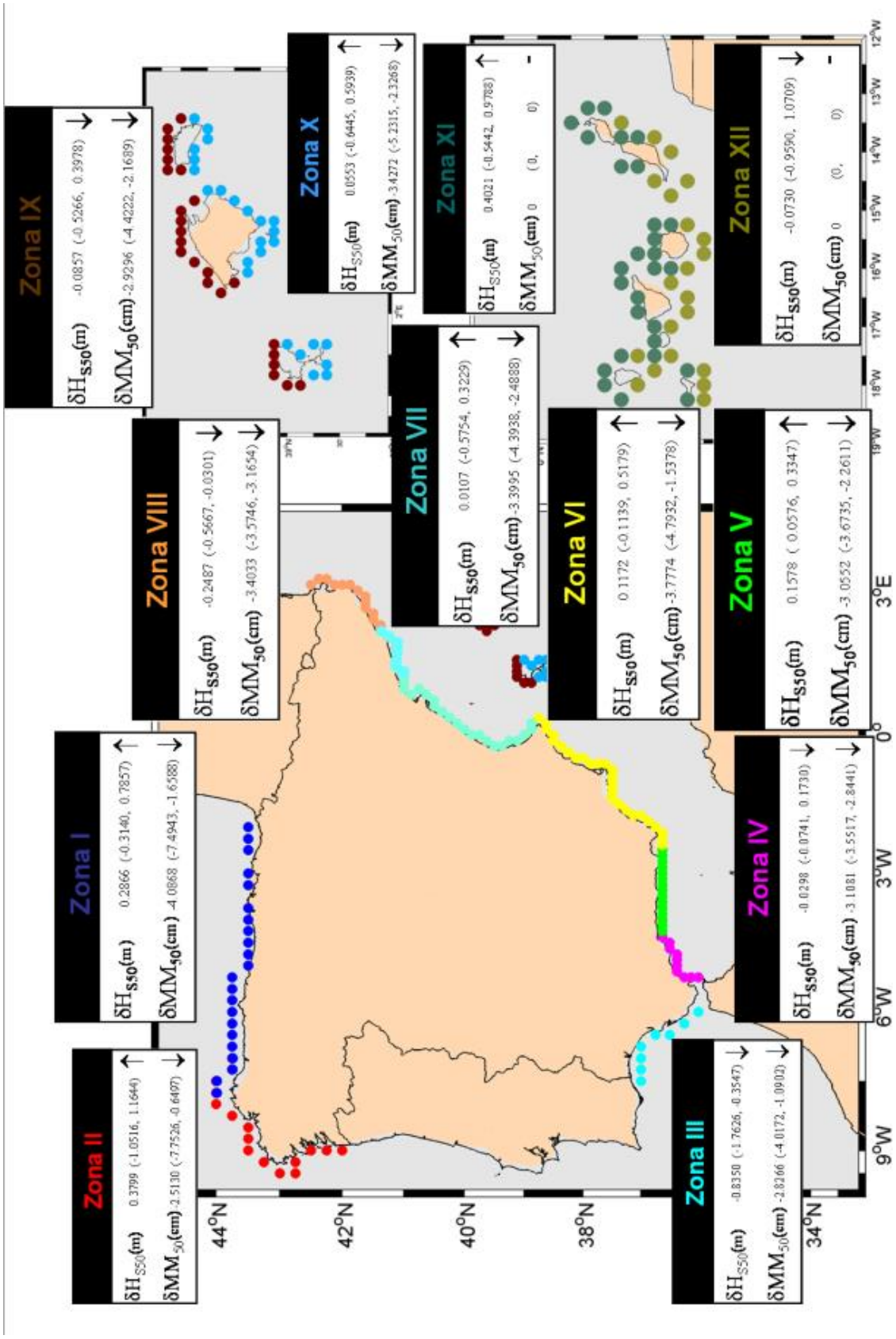


Figura 10.25. Variaciones obtenidas para las variables de régimen medio durante el período 1958-2001.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

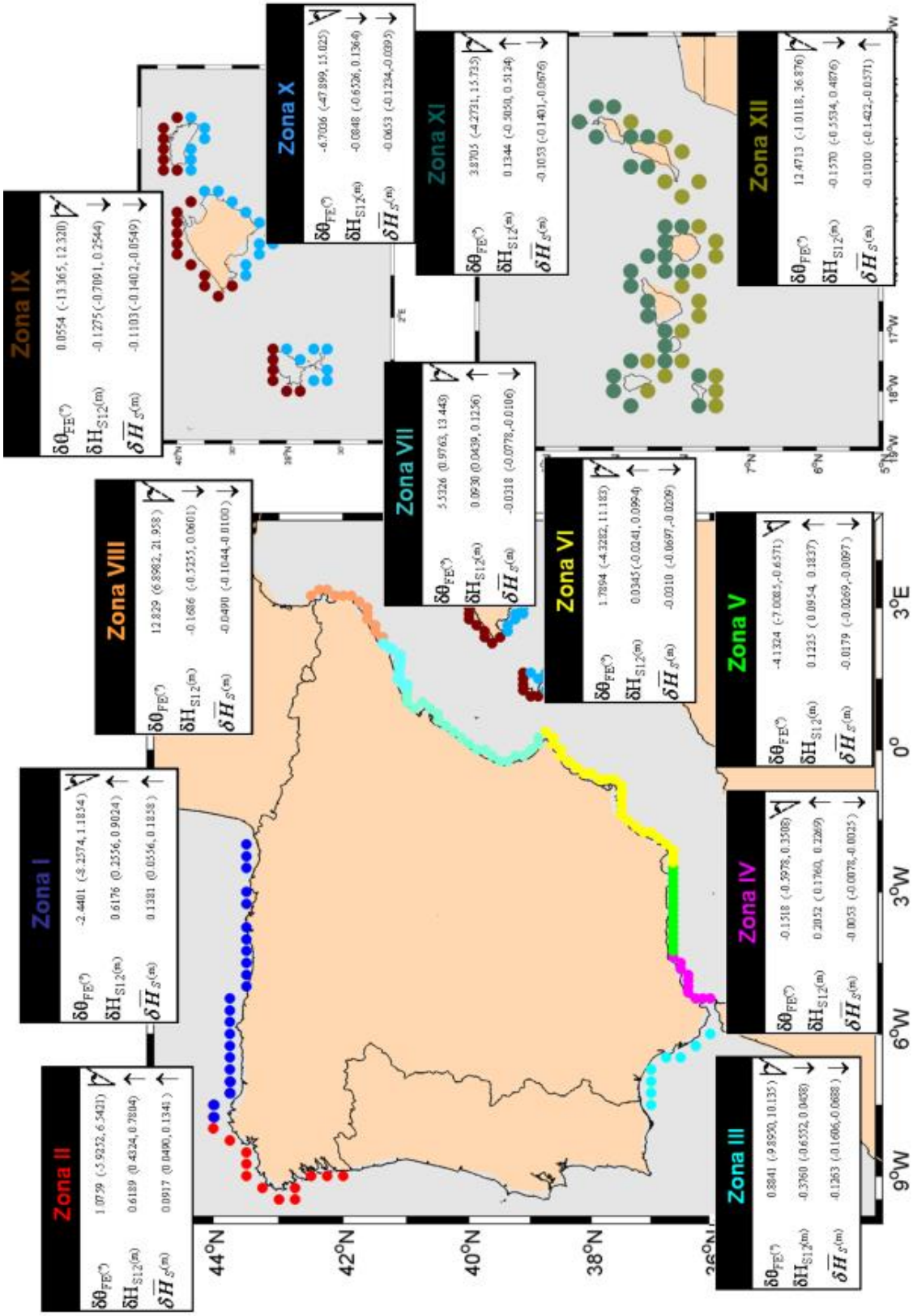


Figura 10.26. Variaciones obtenidas para las variables de régimen extremal durante el período 1958-2001.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

10.6. RESULTADOS TEÓRICOS DE EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Para analizar de qué manera afectan las posibles pequeñas variaciones en los parámetros de la dinámica marina sobre la morfología de la playa se va usar una herramienta matemática conocida como el *método de las perturbaciones*.

Este método numérico puede emplearse para evaluar las variaciones que suponen en una función pequeños cambios en las variables independientes de las que la función depende. Si se considera una función $F(x_1, x_2)$, que representa una característica morfológica de un elemento litoral y que depende de las variables x_1 y x_2 (que pueden ser, por ejemplo, nivel medio del mar y altura media de ola significante), esas variables tienen a día de hoy unos valores determinados, pero éstos pueden verse modificados por efecto del cambio climático.

El método de las perturbaciones consiste en obtener la función perturbada por series de Taylor, de la siguiente manera: se supone que las variables x_1 y x_2 se ven perturbadas por efecto del cambio climático, de forma que

$$x_{1,\,futuro} = x_1 + \delta x_1$$

$$x_{2,\,futuro} = x_2 + \delta x_2$$

La función F perturbada, usando series de Taylor y asumiendo que los términos de segundo orden son despreciables, es la siguiente:

$$\delta F = F(\chi 1 + \delta\chi 1, \chi 2 + \delta\chi 2) - F\,(\chi 1, \chi 2) = \delta\chi 1 \frac{\delta F\,(\chi 1, \chi 2)}{\delta\chi 1} + \delta\chi 2 \frac{\delta F\,(\chi 1, \chi 2)}{\delta\chi 2}$$

Para simplificar aún más las cosas, puede suponerse que la función F depende de una única variable independiente x_1. Este método aproxima el valor de la función cerca de un punto dado $F(x_1 + \delta x_1)$ como la suma del valor de la función en el punto x_1 multiplicado por la variación del valor de la variable independiente δx_1. Esta aproximación es válida siempre y cuando la perturbación en la variable independiente sea pequeña; de lo contario, el error cometido al aplicar el método de las perturbaciones puede ser importante (ver Figura 10.27).

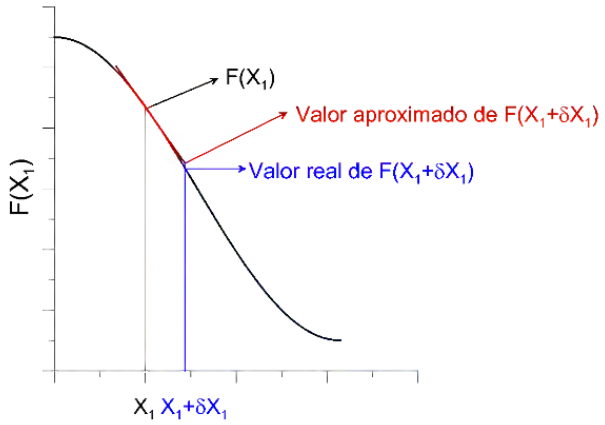


Figura 10.27. Procedimiento del Método de las perturbaciones.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Los efectos más importantes que el cambio climático puede provocar en las playas en general se reducen básicamente a una variación en la cota de inundación, un posible retroceso (o avance) de la línea de costa y un cambio en el transporte potencial.

La **cota de inundación**, como se vio en anteriores capítulos, es un parámetro determinado por la probabilidad conjunta de la marea astronómica, de la marea meteorológica, del run-up en la playa y de la posible subida del nivel medio del mar.Para calcular con exactitud el valor actual de este parámetro a lo largo de la costa española es necesario recurrir a un modelo probabilístico que considere las funciones de distribución de las variables deterministas, como lo es la marea astronómica, y de las variables aleatorias, como lo son el oleaje, y por lo tanto el run- up y la marea meteorológica. Asimismo, para calcular la posible variación de la cota de inundación, se deberían estimar las tendencias del oleaje y de la meteorológica con unas bandas de confianza del 95% y aplicar la misma metodología (de probabilidad conjunta) a esta situación futura. No obstante, dado que el alcance del presente documento es el plasmar cuál puede ser el efecto del cambio climático en la cota de inundación, se ha asumido, como primera aproximación, cierto período de retorno para las variables consideradas y que la cota de inundación es la suma lineal de estas variables. De forma que se obtiene la siguiente formulación par la cota de inundación:

$$CI = MA + MM + Ru$$

Donde:

CI = Cota de inundación (m)
MA = Marea astronómica (m)
MM = Marea metereológica (m)
Ru = Run-up debido a la rotura del oleaje (m)

Asumiendo que el run–up pude ser representado a partir de la formulación propuesta por Nielsen (1991) y considerando que el parámetro representativo del estado de mar es la altura de ola significante del 2% se obtiene que:

$$CI = MA + MM + 0,0792\ (Hs\ \frac{9,81T^2}{2\Pi})$$

Donde:

H_s= Altura de ola significante (m)
T = Período de pico asociado (s)

Aplicando el método de las perturbaciones a la siguiente formulación y asumiendo que enun futuro se pueda producir un aumento del nivel medio se obtiene la siguiente expresiónque permite calcular la posible variación adimensional de la cota de inundación:

$$\frac{\delta CI}{CI} = \frac{\delta MM + \delta\eta + 0,0396\ \left(\frac{gT^2}{2\Pi}\right)^{0,5} \frac{\delta Hs}{\sqrt{Hs}}}{MA + MM + 0,0792\ (Hs\ \frac{9,81T^2}{2\Pi})^{0,5}}$$

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Donde:

δCI = Variación de la cota de inundación (m)
δMM = Variación de la marea meteorológica (m)
δH_s = Variación de la altura de ola significante (m)
$\delta \eta$ = Variación del nivel medio del mar (m)

Para el escenario de cambio climático considerado se ha asumido que el nivel medio aumenta a una tasa de 0,004 m/año. Puesto que la incertidumbre a la hora de cuantificar esa tendencia es muy alta, los valores obtenidos en el cálculo realizado deben entenderse como resultados orientativos del orden de magnitud del cambio. Por otro lado, cabe destacar que el nivel de la marea astronómica se ha considerado igual a la marea máxima viva equinoccial.

En la Figura 10.28 se muestra la variación de la cota de inundación. Como se observa en ella, para el escenario considerado de cambio climático se obtiene un aumento considerable de la cota de inundación, debido principalmente al aumento del nivel medio del mar. Cabe señalar que la variación de la marea meteorológica contrarresta parcialmente el aumento de la cota de inundación producido por la variación del nivel medio y de la altura de ola significante. Para el año 2050 se obtiene una subida en la Flecha de El Rompido de, aproximadamente, 10 cm, cifra inferior al valor medio de los escenarios contemplados por el IPCC en su 5º Informe de Evaluación del Cambio Climático.

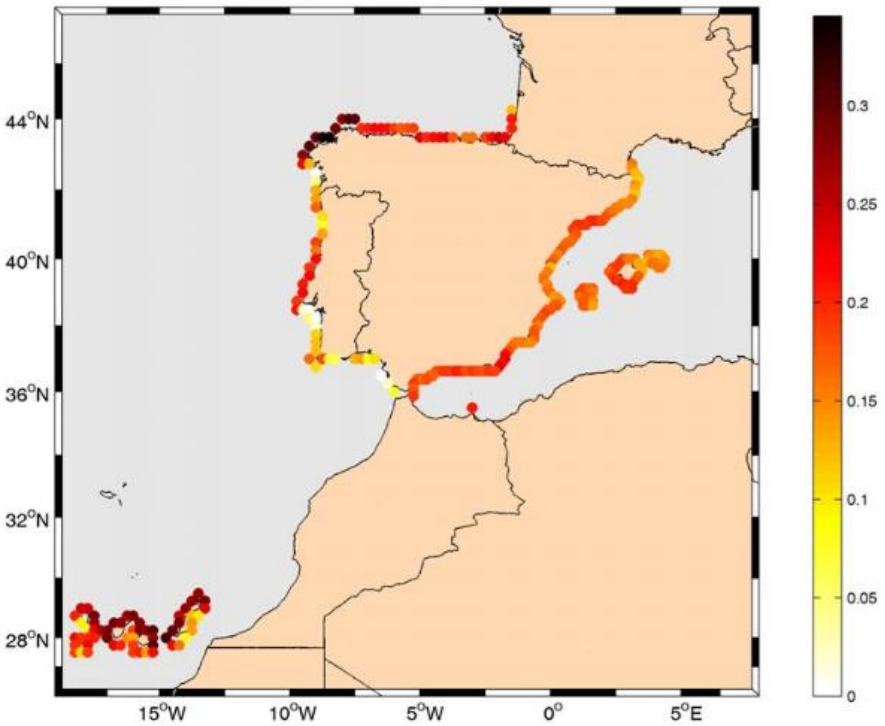


Figura 10.28. Variación total de la cota de inundación (m).

Otro efecto que se puede producir en la playa es el **retroceso** de la línea de costa, que puede ser inducido por un ascenso del nivel medio (η), haciendo que el perfil activo de la playa tenga que ascender para llegar al equilibrio dinámico. Para ello, es

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

necesario cubrir el déficit de arena que se produce en el perfil activo, lo que se hará a expensas de la arena de la playa seca y de la berma, provocando un retroceso de la línea de pleamar. Este efecto puede ser cuantificado haciendo uso de la regla de Bruun, que propone la siguiente expresión para el retroceso de la playa:

$$RE = \frac{\Delta\eta \cdot W*}{h* + B} = \Delta\eta \cdot \frac{(1,57H_{s12})^{1,5}}{(0,51 \cdot w^{0,44})^{1,5}(1,57H_{s12} + B)}$$

Donde:

RE = Retroceso de la playa (m)
H_{s12} = Altura de ola significante excedida 12 horas al año (m)
*W** = Extensión del perfil activo de playa (m)
*h** = Profundidad de cierre de la playa (m)
B = Altura de la berma de la playa (m)
$\Delta\eta$ = Subida del nivel medio del mar (m)
w = Velocidad de caída de grano (m/s)

En la siguiente figura se puede ver el valor estimado para el retroceso; en el caso de la zona de estudio, se considera un tamaño de grano de 0,3 mm, una berma de medio metro de altura de ola (donde la profundidad de corte viene determinada por la H_{s12}, calculada anteriormente) y considerando la misma tasa de subida para el nivel medio que se acaba de mencionar más arriba, siendo de nuevo el año objetivo 2050.

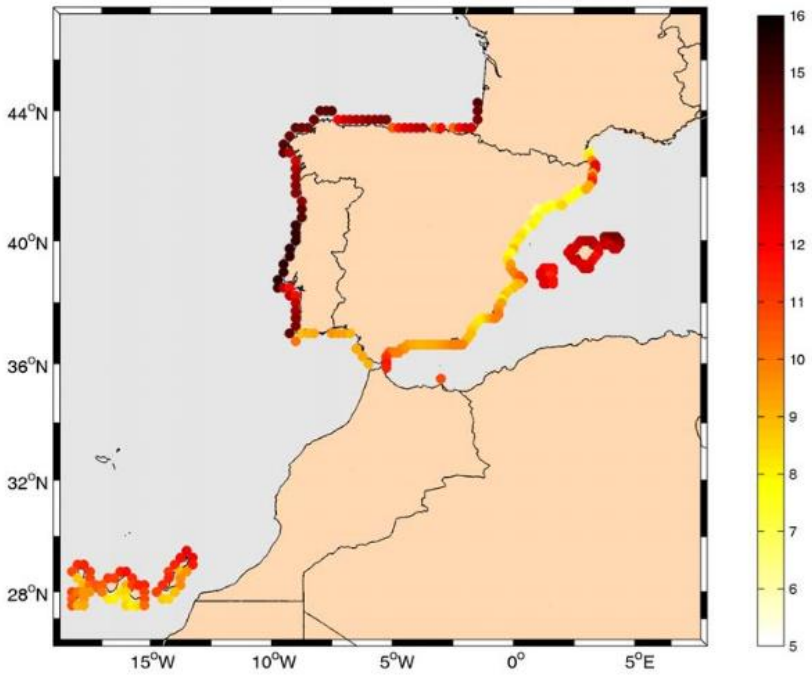


Figura 10.29. Retroceso de la playa por subida de η (m).

En la Figura 10.29 se observa que para la zona de estudio el retroceso puede llegar a ser del orden de 9 metros.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Existe otro parámetro que puede producir un retroceso adicional de la playa es la variación de la dirección del flujo medio de energía (θ). En este caso, el retroceso es altamente dependiente del tipo de playa de que se trate, así como de la propagación que sufra el oleaje desde profundidades indefinidas hasta ella. La expresión que permite estimar el cambio según este parámetro es la siguiente:

$$RE_{max} = \frac{L}{2}\, tg(\Delta\beta)$$

Donde:

L = Longitud de la playa (m)
$\Delta\beta$ = Variación en la dirección del flujo medio de energía (º)

Para el caso de esta playa no se prevé que se produzca un retroceso debido a este fenómeno(Figura 10.30).

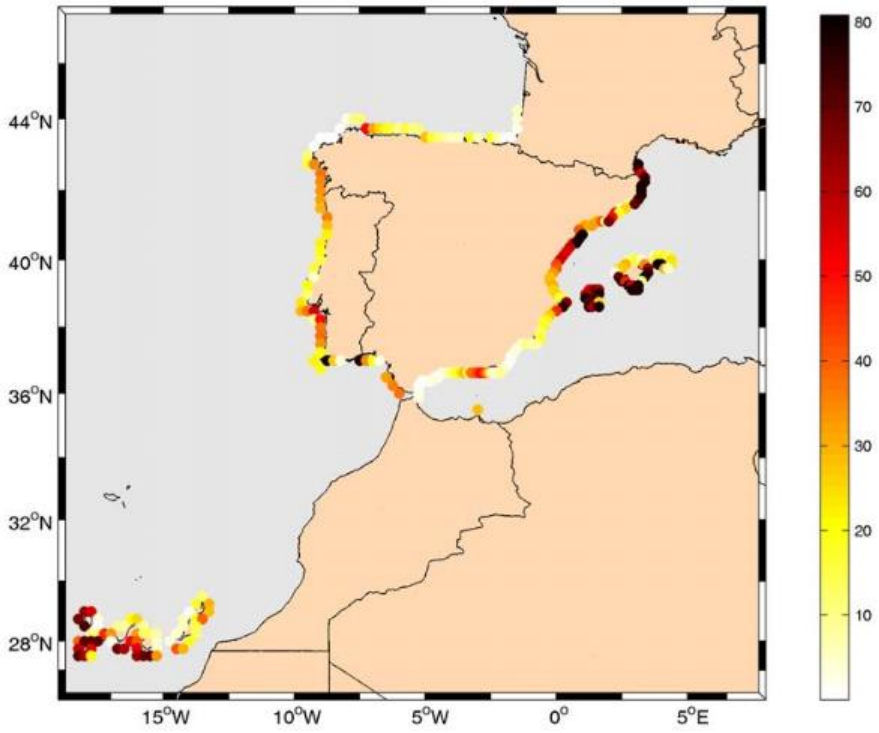


Figura 10.30. Retroceso de la playa por variación de θ (m).

En playas encajadas, como es el caso de la zona de estudio, aparece un último factor capaz de producir retrocesos en ellas: el aumento de la profundidad de corte. Para cuantificar este retroceso se asume que el perfil de playa no cambia su forma, sólo varía la extensión del perfil activo. También se asume que los diques que contienen la playa solamente son capaces de hacerlo hasta cierta profundidad, y que ésta será mayor si se produce una subida de la H_{s12}, pues ello sería indicativo de que la zona baja del perfil sería más activa más horas al año. La expresión que permite cuantificar dicho retroceso es la siguiente:

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

$$RE = 2,9508 \frac{\sqrt{H_{s12}}\, \delta H_{s12}}{(0,51 \cdot w^{0,44})^{1,5}}$$

Donde:

H_{s12} = Altura de ola significante excedida 12 horas al año (m)
δH_{s12} = Variación de la altura de ola significante excedida 12 horas al año (m)

Se ha demostrado que el retroceso es mayor cuanta más alta es la altura de ola significante que es excedida en la playa y cuanto menor sea el tamaño de grano que la compone. Por otro lado, el retroceso es proporcional a la variación de la altura de ola significante que es superada 12 horas al año. En la zona de estudio ésta no es importante, estimándose un retroceso máximo de 24 metros, aproximadamente.

El otro efecto significativo que puede sufrir la playa es el **cambio en el transporte potencial**, debido a variaciones en la altura de ola en rotura y a la dirección del oleaje en rotura:

$$\frac{\delta Q}{Q_a} = \frac{2,5}{H_{b,a}} (\delta H_b) + 2\delta\alpha_R \frac{1}{tg(2\alpha_R)}$$

Donde:

δQ = Variación del transporte potencial (m^2/s)
Q_a = Transporte potencial actual (m^2/s)
$H_{b,a}$ = Altura de ola en rotura actual (m)
δH_b = Variación de la altura de ola en rotura (m)
α_R = Ángulo de incidencia del oleaje en rotura (º)
$\delta\alpha_R$ = Variación del ángulo de incidencia del oleaje en rotura (º)

Teniendo en cuenta la altura de ola significante media anual y la dirección del flujo medio de energía y su variación media calculada, se ha calculado en la zona de estudio la dirección del flujo medio de energía actual y su correspondiente variación para el año 2050 en el punto de rotura correspondiente a la altura de ola significante media anual.

Según los datos obtenidos, el transporte litoral sufrirá variaciones negativas en las próximas décadas en el ámbito de estudio.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

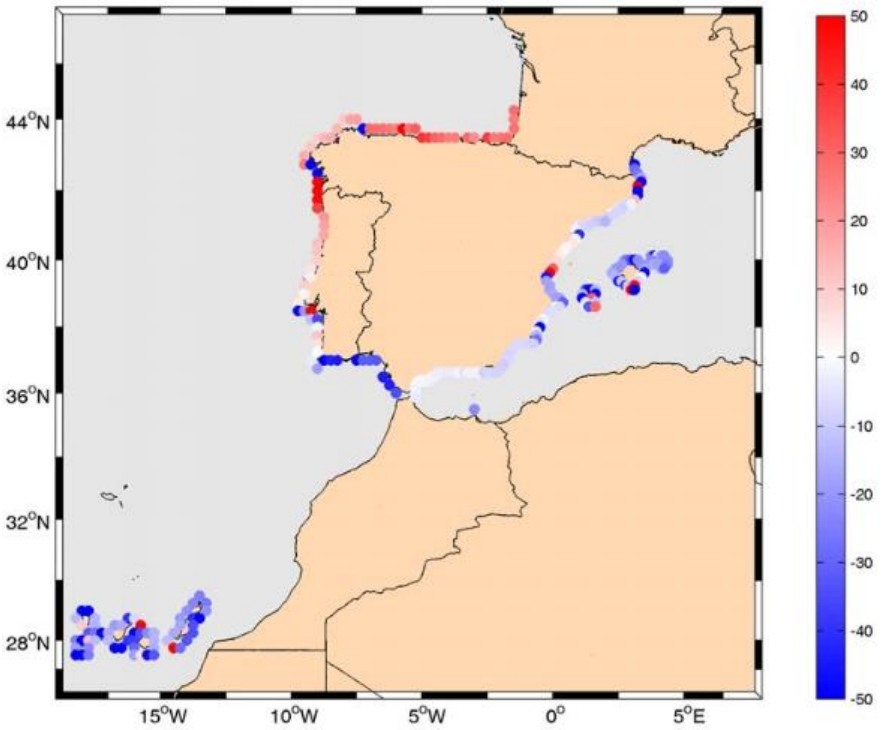


Figura 10.31. Retroceso de la playa. Variación adimensional del transporte potencial (δq/q·100).

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

11. DISPONIBILIDAD DE ÁRIDOS Y CANTERAS. PREVISIÓN DE DRAGADOS Y TRASVASES DE ARENAS

La desembocadura del río Piedras ha sido objeto de dragado en diversas ocasiones, algo completamente lógico, pues la Flecha de El Rompido sigue creciendo a un ritmo de más de 30 m al año, con la acumulación de arena que ello supone en las canales principales de acceso a la ría. Este carácter dinámico de la desembocadura ha provocado en ocasiones que el calado sea insuficiente para la flota de buques que normalmente fondean en el interior del río, llegando incluso a registrarse zonas con sonda próximas a 0,5 m en la bajamar más escorada del año.

Como ejemplo pueden citarse las dos últimas actuaciones llevadas a cabo en los años 2010 y, más recientemente, en 2016. En el primer caso, la arena que se extrajo se utilizó para regenerar las playas, y los excesos se almacenaron para restaurar los años siguientes El Portil y Nuevo Portil antes del verano. Sin embargo, el resultado no fue el esperado, y fue objeto de críticas desde el año 2012 por parte de los usuarios de la ría, más de 2.000 propietarios de embarcaciones pesqueras y de recreo con abrigo en alguna de las ocho instalaciones portuarias del Piedras, dos pesqueras (El Rompido y El Terrón), y seis deportivas (ADN Nuevo Portil, ADN San Miguel, CN Río Piedras, Marina El Rompido, Puerto Deportivo El Terrón y ADN El Terrón). En 2013 y 2014, la Capitanía Marítima de Huelva, como organismo competente en materia de seguridad en la navegación, restringió varias veces el tráfico marítimo en el canal de acceso a los períodos cercanos a la pleamar por su poco calado.

Así se llegó al año 2016, en el que se produjo el último dragado en la zona, con una inversión pública de más de 300.000 € por parte de la Consejería de Fomento y Vivienda, a través de la Agencia Pública de Puertos de Andalucía, para dar respuesta a estas peticiones de los usuarios y mejorar las condiciones de navegación y accesibilidad de la flota pesquera y de recreo. La obra consistió en restablecer un canal de navegación de 600 m de longitud y 50 m de anchura con un calado mínimo de un metro de profundidad en la máxima bajamar del año, extrayéndose para ello unos 28.000 m^3 de sedimento. De nuevo, las arenas extraídas fueron usadas para regenerar la playa de Nuevo Portil.

Actualmente, el canal de la Ría se encuentra balizado y se ha mejorado la situación de las boyas según los datos mostrados por la batimetría reciente, favoreciéndose la seguridad en los accesos a ella. No obstante, queda claro que, por las condiciones hidrodinámicas tan especiales de este tramo de costa, seguirá siendo necesario en el futuro realizar obras de dragado que puedan mantener la desembocadura en unas condiciones seguras para la navegación de los usuarios.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

12. PLAN DE SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS

El objetivo del Plan de Seguimiento y Control del proyecto es proporcionar un entendimiento del progreso del proyecto, de manera que puedan tomarse las acciones correctivas correctas cuando la ejecución del mismo se desvíe significativamente de su planificación original.

La Junta de Andalucía recomienda el siguiente procedimiento:

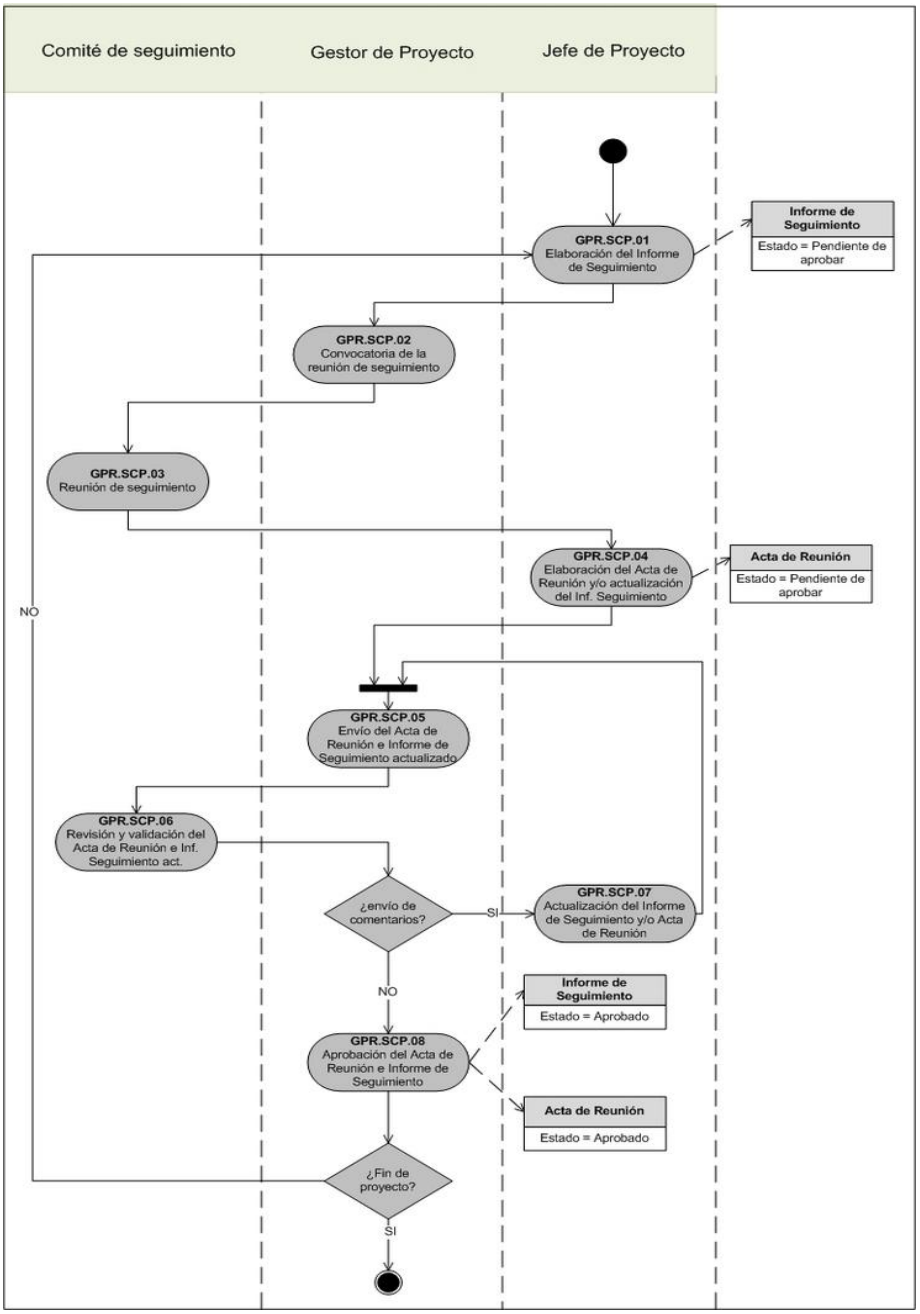


Figura 12.1. Actividades del Plan de Seguimiento y Control del Proyecto.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Título	1. Elaboración del Informe de Seguimiento
Descripción	El Jefe de Proyecto elaborará el Informe de Seguimiento. Dicho informe es una fuente de información básica para el conocimiento del progreso del proyecto por parte del Comité de Seguimiento y una herramienta muy útil para la gestión de proyecto. Se elaborará según la plantilla propuesta por MADEJA y con la frecuencia que se haya establecido en la operativa del proyecto en las Normas de Gestión del Proyecto. Este documento persigue los siguientes objetivos: Comunicar el grado de progreso del proyecto. Informar de las incidencias y riesgos encontrados. Proponer un plan de acciones a realizar para el próximo periodo de seguimiento. Comunicar la relación de entregables y cambios que deban ser aprobados. Resaltar modificaciones en el alcance o peticiones de cambio. De la misma forma, el Jefe de Proyecto deberá elaborar la Agenda de la reunión de seguimiento siguiendo la plantilla propuesta por MADEJA.
Tareas	Recopilar la información relacionada con el estado del proyecto. Elaborar el Informe de Seguimiento. Elaborar la Agenda de Reunión.
Responsable	Jefe de Proyecto
Productos	Informe de Seguimiento incorporado en el gestor documental (estado: pendiente de aprobar).

Título	2. Convocatoria de la reunión de seguimiento
Descripción	El Gestor de Proyecto convocará a los diferentes miembros del Comité se Seguimiento para la celebración de la reunión de seguimiento; para ello, se enviará vía mail a los miembros del Comité de Seguimiento la convocatoria en el que adjuntará el Informe de Seguimiento elaborado y la Agenda de Reunión correspondiente, con el objetivo de que los miembros del Comité de Seguimiento puedan remitir al Gestor de Proyecto las modificaciones que estimen oportunas.
Tareas	Enviar convocatoria de la reunión de seguimiento.
Responsable	Gestor de Proyecto
Productos	Convocatoria de la reunión de seguimiento enviada.

Título	3. Reunión de seguimiento
Descripción	En esta reunión se tratarán y discutirán los puntos relevantes relacionados con el progreso del proyecto y se establecerán acuerdos con el Comité de Seguimiento acerca del alcance, planificación, riesgos, etc. Durante la reunión se validará el Informe de Seguimiento correspondiente, revisando la planificación actualizada, actividades realizadas, actividades a realizar, etc., y se comprobará que todos los acuerdos especificados en actas de reuniones anteriores estén recogidos en el Informe de Seguimiento del periodo actual. También será objeto de esta reunión comentar los posibles riesgos y problemas asociados a la ejecución del proyecto y en el caso que sea necesario comunicar modificaciones en el alcance del proyecto.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Tareas	Celebrar reunión de seguimiento. Seguimiento del avance del proyecto. Revisar planificación del proyecto. Solucionar conflictos y tomar las medidas necesarias para solucionar los riesgos y problemasidentificados.
Responsable	
Productos	

Título	4. Elaboración del Acta de Reunión y/o actualización del Informe de Seguimiento
Descripción	El Jefe de Proyecto elaborará el Acta de Reunión de Seguimiento celebrada y actualizará el Informe de Seguimiento con los comentarios aportados en la reunión. El objetivo es poder recoger todos los temas tratados, así como los temas pendientes y futuros pasos a realizar en el proyecto. Para ello, se deberá seguir la plantilla de Acta de Reunión definida en la MADEJA. Una vez elaborada el Acta de Reunión y actualizado el Informe de Seguimiento, en los casos que proceda, se incorporarán en el gestor documental.
Tareas	Elaborar acta de reunión de seguimiento e incorporarla en el gestor documental. Actualizar el Informe de Seguimiento (si aplica) e incorporarlo en el gestor documental.
Responsable	Jefe de Proyecto
Productos	Acta de Reunión incorporada en el gestor documental (estado: pendiente de aprobar). Informe de Seguimiento actualizado e incorporado en el gestor documental (estado: pendiente de aprobar).

Título	5. Envío del Acta de Reunión e Informe de Seguimiento
Descripción	El Acta de Reunión de Seguimiento y el Informe de Seguimiento se deberán aprobar de forma explícita por parte de todos los asistentes a la reunión de seguimiento (Comité de Seguimiento). Para ello, el Gestor de Proyecto remitirá vía mail ambos documentos.
Tareas	Enviar el Acta de Reunión y/o el Informe de Seguimiento.
Responsable	Gestor de Proyectos
Productos	Acta de Reunión de seguimiento enviada. Informe de Seguimiento enviado.

Título	6. Revisión y validación del Acta de Reunión e Informe de Seguimiento
Descripción	Los miembros del Comité de Seguimiento remitirán al Jefe de Proyecto las modificaciones y comentarios que consideren necesarios incorporar al Acta de Reunión y al Informe de Seguimiento.
Tareas	Revisar y validar el Acta de Reunión de seguimiento.
Responsable	Comité de Seguimiento
Productos	Comentarios y modificaciones al Acta de Reunión e Informe de Seguimiento enviados.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Título	7. Actualización del Informe de Seguimiento y/o Acta de Reunión
Descripción	El Jefe de Proyecto deberá actualizar el Informe de Seguimiento y/o Acta de Reunión con los comentarios aportados por el Comité de Seguimiento. Una vez actualizados los documentos, se deberán incorporar en el gestor documental.
Tareas	Aprobar Acta de Reunión. Aprobar Informe de Seguimiento.
Responsable	Jefe de Proyecto
Productos	Actualización del estado del Acta de Reunión de seguimiento en el gestor documental (estado: aprobado). Actualización del estado del Informe de Seguimiento en el gestor documental (estado: aprobado).

Título	8. Aprobación del Acta de Reunión e Informe de Seguimiento
Descripción	El Gestor de Proyecto deberá aprobar el Acta de Reunión y el Informe de Seguimiento; para ello, deberá asegurar que el Jefe de proyecto ha incluido los comentarios y modificaciones solicitados por el Comité de Seguimiento. En caso contrario, solicitará su modificación al Jefe de proyecto. En el caso de que transcurrido un tiempo prudencial no hubiera comentarios por parte del Comité de Seguimiento, se procederá a la aprobación del Acta de Reunión. De la misma forma, el Gestor de Proyectos aprobará el Informe de Seguimiento en la herramienta de gestión documental.
Tareas	Aprobar Acta de Reunión. Aprobar Informe de Seguimiento.
Responsable	Gestor de Proyectos
Productos	Actualización del estado del Acta de Reunión de seguimiento en el gestor documental (estado: aprobado). Actualización del estado del Informe de Seguimiento en el gestor documental (estado: aprobado).

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

13. PROPUESTA PARA LA MINIMIZACIÓN, EN SU CASO, DE LA INCIDENCIA DE LAS OBRAS Y POSIBLES MEDIDAS CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS

En este apartado se desglosan las medidas de mejora ambiental que se proponen para la minimización, corrección y/o compensación de los efectos sobre el entorno de actuación del proyecto, dividiéndolas en tres grandes grupos:

- ✓ Medidas preventivas. Son aquellas encaminadas a evitar o minimizar las afecciones producidas por la construcción o explotación de las actuaciones previstas y garantizar el cumplimiento de las especificaciones incluidas en el proyecto y la legislación vigente.

- ✓ Medidas correctoras. Su objetivo es la recuperación, total o parcial, de las condiciones existentes antes de la realización del proyecto, mediante actuaciones concretas no contempladas inicialmente en el mismo.

- ✓ Medidas compensatorias. Están dirigidas a compensar los efectos irreversibles y más significativos, en relación a los cuales no es posible la aplicación de medidas correctoras.

13.1. MEDIDAS PREVENTIVAS

Se aplicarán las medidas y normativas existentes durante las tareas constructivas:

- ✓ Molestias por ruido, polvo o gases de combustión:

  - Las medidas preventivas para atenuar el efecto del ruido de la maquinaria se dirigen hacia el cumplimiento de las especificaciones de la normativa, en cuanto a niveles de potencia acústica. Así, se usarán los equipos insonorizados necesarios en los elementos principales de generación de ruido, para conseguir que el nivel de inmisión sonora de la maquinaria se ajuste a la Directiva 2000/14/CE, de 8 de mayo de 2000, relativa a emisiones sonoras debidas a las maquinarias de uso al aire libre.
  - Durante la obra se realizarán las revisiones pertinentes y la puesta a punto de equipos, realizando los cambios de filtros, aceites, etc. que sean necesarios como medida del buen funcionamiento de los mismos y de minimización de emisiones de gases inaceptables o vertidos accidentales.
  - Se evitarán los trabajos en días de viento fuerte para evitar riesgo de emisión y transporte de gran cantidad de partículas a zonas urbanas.

- ✓ Molestias a la fauna

  - En tierra, la ocupación de suelo por las instalaciones auxiliares estará perfectamente delimitada desde el mismo inicio de las obras. En caso de acopio de materiales que puedan producir lixiviados, se evitará su derrame al medio marino.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- Las aguas fecales de los sanitarios se conectarán al alcantarillado, evitándose en todo momento su vertido directo al mar.

✓ Paisaje

- Durante las obras, se cuidará el entorno, con una adecuada y ordenada situación de los materiales y una limpieza diaria de las zonas ocupadas y de trabajo.
- Tanto la maquinaria como los materiales utilizados tendrán una localización ordenada, ocupando el menor espacio posible y evitando una dispersión de los elementos discordantes del paisaje para minimizar el impacto visual.
- Finalizadas las obras, se retirarán los materiales sobrantes e instalaciones auxiliares que hayan sido utilizados durante las mismas.

13.2. MEDIDAS CORRECTORAS

Las medias correctoras a aplicar serán las siguientes:

✓ Medidas correctoras de impactos sobre la calidad atmosférica

▪ Emisión de partículas

- Recubrimiento o entoldado de las cajas de los camiones para impedir, en la medida de lo posible, la emisión de partículas a la atmósfera durante el transporte.
- Reducción de la velocidad de los vehículos, evitando levantar grandes cantidades de polvo.

La aplicación de estas medidas contribuye a minimizar los impactos relacionados con la emisión de polvo, pues disminuye la extensión a términos de puntual, reduce la persistencia, y acorta el tiempo necesario para que tengan lugar las condiciones de reversibilidad.

▪ Emisión de gases de combustión

Para evitar la liberación de gases durante la fase de construcción por parte de vehículos y maquinaria, se propone una conducción suave y controlar la puesta a punto de los mismos, con el fin de garantizar su buen funcionamiento.

▪ Emisión de ruidos

- El ruido de vehículos y maquinaria se puede reducir mediante un correcto estado de mantenimiento.
- La maquinaria utilizada debe cumplir las directivas de la UE en cuanto a niveles de emisión de ruidos.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- ✓ Medidas correctoras de impactos sobre el suelo

La incidencia que ejerce sobre el suelo el mantenimiento de la maquinaria empleada exige la elaboración de un plan de explotación de las instalaciones, donde se expondrán las normas para la eliminación de los residuos para que no suponga una fuente de contaminación, evitándose principalmente el vertido de aceites y grasas del motor al suelo, ya que estos residuos están catalogados como Residuos Tóxicos y Peligrosos, debiendo ser eliminados por un gestor autorizado por DGMA.

- ✓ Medidas correctoras de impactos sobre los vertidos

  - Definir la caracterización y el tratamiento que se debe aplicar a todos aquellos residuos generados por las obras y, en su caso, el destino final de los mismos.
  - Durante la fase de funcionamiento del proyecto deberán existir en los terrenos para la recepción de todos los tipos de residuos que se produzcan como consecuencia de su actividad.

13.3. MEDIDAS COMPENSATORIAS

- ✓ Recuperación y/o restauración ambiental de zonas afectadas

Aunque la puesta en marcha del proyecto no suponga, a priori, ningún impacto ambiental, podría ser necesario aplicar medidas que compensen, al menos parcialmente, cualquier afección ambiental y reducir de esta forma la magnitud del impacto.

Una de las medidas compensatorias más directas y con mayor repercusión ambiental sería la recuperación del espacio hipotéticamente degradado, mediante un proyecto de recuperación en el que se contemplen planes específicos para su restauración.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

14. CONCLUSIONES

El litoral estudiado es bastante complejo a la hora de describirlo y analizarlo, pues se trata de un tramo de costa muy expuesto a agentes dinámicos como el oleaje, las corriente, el viento y las mareas, con magnitudes muy importantes. No obstante, mediante el presente estudio se entiende suficientemente representada la acción e incidencia de dichos agentes sobre el entorno de la desembocadura del río Piedras y la Flecha de El Rompido.

Es importante resaltar que la playa se encuentra dentro del Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) y Zona de Especial Conservación para las Aves (ZEPA) *ES6150006 Marismas del Río Piedras y Flecha del Rompido*, y las aguas que la bañan en la Zona Especial de Conservación (ZEC) *ES6150028 Estuario del Río Piedras*, ambas perteneciente a la Red Natura 2000. Así, se han estudiado las posibles afecciones que el presente proyecto pudiera ocasionar sobre estas figuras de protección y sobre la Estrategia Marina para la Demarcación Sudatlántica, no habiéndose considerado ninguna de importancia. Además, se han descrito las características biológicas, geológicas, naturales, etc. del entorno para una mejor comprensión del estado de la naturaleza en las inmediaciones de la playa.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este Estudio Básico de Dinámica Litoral, se pueden citar las siguientes conclusiones:

- **Capacidad de transporte litoral:** En la playa objeto de estudio, la capacidad de transporte litoral obtenida ha sido de **45.400 m^3/año**.

- **Balance sedimentario. Evolución de la línea de costa y perfil de equilibrio**

  - Transporte longitudinal: La tasa de transporte longitudinal obtenida ha sido de **+100 m^3/año**.

  - Transporte transversal. Predicción de los cambios del perfil de playa:
    - ✓ Mofodinámica de la playa: El estado morfológico predominante en la playa es **Playa Disipativa sin Barras**.
    - ✓ Cambios estacionales en el perfil de playa: En lo que respecta al transporte transversal de sedimentos hacia la playa, ésta tiene una mayor tendencia a la **acreción** que a la erosión.

- **Clima marítimo**

  - Oleaje
    - ✓ Régimen medio direccional: Los oleajes más representativos en la zona provienen del **SW (18%)** y **SSE (16%)**. Por su parte, la altura de ola que solamente es excedida o superada doce horas al año en régimen medio (H_{12}) tiene un valor aproximado de **4 m**.
    - ✓ Régimen extremal direccional: Según los valores obtenidos en el presente estudio, el **promedio de días que se excede la altura significante de la ola (Hs)** varía al año varía entre **6** y **9**.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- ✓ Estados del mar en profundidades indefinidas: Las alturas de ola más representativas en profundidades indefinidas se dan en las direcciones **W, WSW** y **SW**. La **ola de mayor altura** corresponde a la dirección **W**, siendo su valor de **10,86 m**.

- Viento: En la mayoría de días del año soplan vientos moderados del **W** o del **E** que **pueden alcanzar velocidades medias mayores de 40 km/h**.

- Mareas
  - ✓ Nivel del mar: La **amplitud máxima de onda de marea** en la playa es de **1,61 m**, lo que equivale a una **carrera máxima de marea** de **4,06 m**.
  - ✓ Cota de inundación: Según los cálculos realizados en este estudio, la **longitud de playa inundada** es de **24,5 m** a partir del NMMA.

- Corrientes: Las **direcciones de corriente más frecuentes y las mayores intensidades** se dan en las direcciones **SSE (13%), SE (12%)** y **S (10%).**

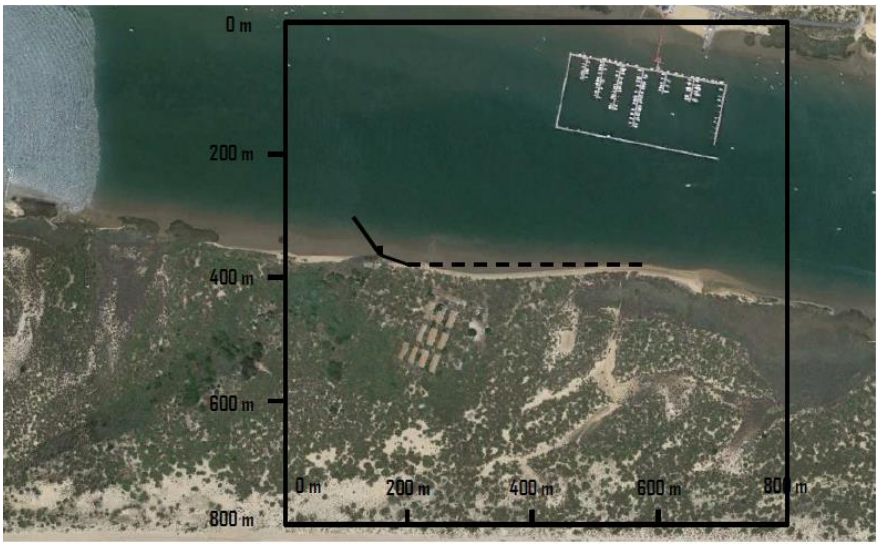
- **Batimetría hasta fondos no modificados. Forma en planta de equilibrio del tramo de costa afectado**

  - Batimetría hasta fondos no modificados

Los **cambios morfodinámicos** en la playa se producen, aproximadamente, **entre la orilla y la zona intermareal, y la batimétrica 1.** Estas modificaciones dejan de producirse paulatinamente hasta alcanzar **la batimétrica 2**, a partir de la cual no se esperan variaciones.

  - Forma en planta de equilibrio

La playa en la que se encuentra el embarcadero se encuentra en **equilibrio dinámico**, es decir, con transporte neto no nulo:



C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- **Naturaleza geológica de los fondos**

Los fondos marinos de la playa están compuestos fundamentalmente por **fangos** y **arenas**.

- **Condiciones de la naturaleza y la biosfera submarina, Posible afección a espacios de la Red Natura 2000 y Estrategia Marina para la Demarcación Sudatlántica**

Puesto que la playa se encuentra incluida dentro de varias figuras de protección ambiental, se han considerado las posibles presiones e impactos sobre ella.

Figura de protección	Documento de declaración
Paraje Natural Marismas del Río Piedras y Flecha del Rompido (no incluido en la Red Natura 2000)	Ley 2/1989, de 18 de julio, por la que se aprueba el Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección
Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) y Zona de Especial Conservación Para las Aves (ZEPA) Marismas del Río Piedras y Flecha del Rompido (ES6150006)	Disposición transitoria séptima de la Ley 18/2003, de 29 de diciembre, por la que se aprueban medidas fiscales y administrativas
Zona Especial de Conservación (ZEC) Estuario del Río Piedras (ES6150028) (en trámite)	Zonas Especiales de Conservación del Litoral de Huelva y Odiel (Proyecto de Decreto, Borrador 5, Agosto 2017 y Proyecto de Orden, Borrador 4, Mayo 2017)

No se han encontrado impactos y/o presiones de importancia provocados por la ejecución del proyecto.

- **Dinámicas resultantes de los efectos del cambio climático**

A partir de los resultados del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), entre 1958 y 2001 y extrapolables hasta el año 2050, y del 5º Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), se observan las siguientes tendencias:

- Oleaje
  - ✓ Régimen medio de altura de ola significante (H_s): Se ha producido una bajada de unos **0,002 m/año de H_s media**.
  - ✓ Altura de ola superada sólo 12 días al año (H_{12}): Se observa un **descenso de 0,005 m/año**.
  - ✓ Dirección del flujo medio de energía: No ha habido ni se esperan variaciones.
  - ✓ Duraciones de excedencia de H_s: Se observa una **disminución de duración media de -0,05 h/año**; se aprecia una **disminución de duraciones máximas de -0,1 h/año**; y un **descenso del número de sucesos al año de 0,1 sucesos/año**.
  - ✓ Régimen extremal de H_s: frecuencias: Se observa un **descenso de 0,03 eventos/año**.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

- ✓ Régimen extremal de H_s: intensidades.Altura de ola significante de 50 años de período de retorno (H_{T50}): Se aprecia una bajada de **0,01 m/año**.

- Marea meteorológica
  - ✓ Régimen medio de marea meteorológica: No se han producido variaciones.
  - ✓ Régimen extremal de mareas meteorológicas: frecuencias: Los sucesos extremales de marea meteorológica han **bajado 0,01 sucesos/año**.
  - ✓ Régimen extremal de mareas meteorológicas: intensidades. Marea meteorológica de 50 años de período de retorno (MM_{T50}): Se observa una **disminución de 0,05 cm/año**.

- Viento
  - ✓ Régimen medio de viento: Se aprecia una variación en el viento medio del orden de **0,005 (m/s)/año**.
  - ✓ Dirección del transporte potencial eólico: Se observa una variación del orden de **0,1 º/año hacia el E**.
  - ✓ Duraciones de excedencia de viento: No se observan variaciones **de duración media** del orden de **h/año**; tampoco de las **duraciones máximas (h/año)**; pero sí un **descenso del número de eventos al año de 0,2 eventos/año**.
  - ✓ Régimen extremal de viento: frecuencias: Se esperan variaciones de **-0,01 eventos/año**.
  - ✓ Régimen extremal de viento: intensidades. Velocidad del viento de 50 años de período de retorno (W_{T50}): Se espera una **bajada de 0,02 (m/s)/año**.

- Nivel del mar
  - ✓ Tendencia actual: Con la tendencia actual, para el año 2050 se obtendría una **subida del nivel medio del mar de 0,072m**.
  - ✓ Previsión de cambio: Según las previsiones del IPCC, para el año 2050 el **nivel medio del mar** podría **subir 0,25m**.

- Resultados teóricos de efectos del cambio climático
  - ✓ Cota de inundación: Depende de la marea astronómica, la marea meteorológica, el run-up de la playa y la posible subida del nivel medio del mar. Para el año 2050 se espera una **subida** de aproximadamente **10 cm**.
  - ✓ Retroceso de la línea de costa: Se produce por un ascenso del nivel medio del mar. Se observa un **retroceso** de hasta **9 m**.
    - ▪ Variación de la dirección del flujo medio de energía: Este parámetro puede ocasionar un retroceso adicional de la playa, y depende de tipo de playa y de la propagación del oleaje desde profundidades indefinidas hasta ella. No se espera **retroceso** en esta la playa.
    - ▪ Aumento de la profundidad de corte: Para cuantificar este retroceso se asume que el perfil de playa no cambia su forma, sólo lo hace la extensión del perfil activo, y depende de H_{12}. Se espera un **retroceso** máximo de **24 m** para esta playa.
  - ✓ Cambio en el transporte potencial: Debido a variaciones en la altura de ola en rotura y a la dirección del oleaje en rotura. Para la zona de estudio se esperan **variaciones negativas** del transporte potencial.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Es muy importante resaltar que, en base al Estudio Básico de Dinámica Litoral y Cambio Climático realizado para la ejecución del proyecto de reconstrucción del embarcadero, en regímenes meteorológicos y climáticos habituales, el entorno y sus posibles afecciones no afectarían negativamente al mismo. Considerando que:

- El Estudio de Dinámica Litoral y Cambio Climático realizado es **básico y anexo al proyecto técnico**, tal y como exige el Reglamento General de Costas (R.D. 876/2014).

- Los resultados obtenidos en el Estudio de Dinámica Litoral y Cambio Climático resultan estimativos, pues han sido obtenidos estadísticamente a partir de datos actuales e históricos que pueden considerarse normales. Resulta imposible asegurar afirmativamente la no incidencia de efectos negativos en condiciones meteorológicas o climáticas fuera de estos regímenes normales, debido a la imprevisibilidad de catástrofes meteorológicas, intensidades poco habituales de procesos costeros u otras incidencias relacionadas.

- En lo referente a las características técnicas, la seguridad y la calidad estructural de la instalación objeto del Estudio de Dinámica Litoral y Cambio Climático de esta unidad fisiográfica, éstas vendrán descritas en el proyecto técnico de la misma y, en su caso, en las posibles fichas técnicas de los fabricantes, no estando previstos en el estudio antes mencionado.

Por todo lo expuesto anteriormente, los diferentes agentes participantes en la ejecución de la rehabilitación del embarcadero deberán comprometerse a:

1. **Cumplir los criterios de seguridad, medio ambiente y calidad,** incluidos en el proyecto técnico presentado.

2. **Comunicar a las administraciones competentes cualquier alarma** ante situaciones que puedan dar lugar a problemas de seguridad y/o prestación del servicio.

3. **Demoler la instalación** ante cualquier situación que revista peligro para la prestación de este servicio o sea exigido por las administraciones competentes.

- **Disponibilidad de áridos y canteras. Previsión de dragados y trasvases de arena**

La desembocadura del rio Piedras ha sido objeto de diferentes obras de dragado recientemente, utilizándose los áridos extraídos para regenerar playas cercanas, como El Portil y Nuevo Portil. Esta tendencia es la que se espera los próximos años, debido a las condiciones hidrodinámicas tan especiales que se dan en este tramo costero, que dificultan la navegación de los buques y embarcaciones de recreo con el aumento continuado de la sedimentación y el crecimiento de la Flecha de El Rompido.

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

15. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

Ruinas de la almadraba y embarcadero a rehabilitar

Río Piedras y embarcadero vistos desde la playa

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Embarcadero, playa y ruinas de la almadraba desde el rio Piedras

C/Pablo Picasso 1, 2ºD
11300 La Línea de la Concepción (Cádiz)
Teléfono: 696 907 467
e-mail: jose.flores@etsconsultancy.com

Técnico redactor:

José Flores Rivera

Licenciado en Ciencias del Mar

Col. 2186. C.O.B.A.

Telf. 696 907 467

jose.flores@etsconsultancy.com

La Línea, 05 de diciembre de 2018

José Flores Rivera
Col. nº 002186
Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

ESTUDIO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO

PETICIONARIO: ESTUDIO SOL 89 ARQUITECTURA S.L.
OBRA: ADECUACIÓN DEL EMBARCADERO DE LA ALMADRABA DE NUEVA UMBRÍA. T.M. DE LEPE (HUELVA)
REFERENCIA: GEO-21218
FECHA: FEBRERO-2019

OFICINA: Calle Marchena Colombo nº51 21004 Huelva
T 608 500 591-669 288 726 E-MAIL: rafavidalgar@hotmail.com
NIF: 44.207.168-H
www.geologika.es

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 4
2. SITUACIÓN DE LA PARCELA 4
3. MARCO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO 5
3.1. Introducción 5
3.2. Estratigrafía 6
3.3. Tectónica 9
3.4. Hidrogeología 9
3.5. Geotecnia 11
4. PROSPECCIONES GEOTÉCNICAS 12
4.1. CAMPAÑA DE CAMPO 12
4.1.1. Ensayos de penetración dinámica. 12
4.1.2. Calicata de reconocimiento 15
4.1.3. Nivel freático 15
4.1.4. Toma de muestras inalteradas 16
4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO 16
5. RIESGO SÍSMICO DE LA ZONA 16
6. INFORME 22
6.1. UNIDADES GEOTÉCNICAS. 22
6.2. AGRESIVIDAD QUÍMICA DE LOS MATERIALES AL HORMIGÓN 24
6.3. FENÓMENOS DE EXPANSIVIDAD Y/O COLAPSO 24
6.4. EXCAVACIONES Y TERRAPLENES 25
6.5. IMPERMEABILIZACIÓN DE MUROS 26
6.6. TIPO DE CIMENTACIÓN Y TENSIÓN ADMISIBLE 26
6.6.1. SOLUCIONES PARA LA CIMENTACIÓN 27
6.6.2. CÁLCULO DE LA TENSIÓN ADMISIBLE 30
6.6.3. MÓDULO DE BALASTO 31
7. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES GENERALES 34
RESUMEN TÉCNICO.

ANEJOS

I.– Plano de situación.

II.– Calicatas de reconocimiento.

III.– Ensayos de penetración dinámica.

IV.– Ensayos de laboratorio.

V.- Dossier fotográfico.

VI.– Referencias bibliográficas.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

MEMORIA

OFICINA: Calle Marchena Colombo nº51 21004 Huelva
T 608 500 591-669 288 726 E-MAIL: rafavidalgar@hotmail.com
NIF: 44.207.168-H
www.geologika.es

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realiza a petición de los Redactores del Proyecto con la finalidad de determinar las características geotécnicas de los suelos donde apoyará la futura edificación. De igual forma, estudiaremos el tipo de cimentación más adecuada y las tensiones admisibles correspondientes.

Los criterios técnicos considerados para la planificación y realización del estudio siguen las directrices recogidas en el Código Técnico de la Edificación, CTE, DB SE-C Seguridad Estructural: Cimientos; y de los técnicos encargados de la redacción.

A partir de las prospecciones y los ensayos de laboratorio realizados sobre los suelos naturales, procederemos a la redacción del informe geológico-geotécnico.

La información de la que se ha dispuesto consistió en:

-4 ensayos de penetración dinámica tipo *DPSH,* 2 calicatas de reconocimiento del terreno y los ensayos de laboratorio correspondientes, realizados por la empresa acreditada TECNISONDEOS S.C.A. (en adelante G-191). *Anejos II, III y IV.*

2. SITUACIÓN DE LA PARCELA

Los terrenos estudiados se encuentran en el término municipal de Lepe, más concretamente en el entorno del embarcadero del Real de la Almadraba de Nueva Umbría.

Se proyecta la restauración y adecuación del embarcadero, camino de tránsito y caseta del gasoil. La zona se sitúa en la orilla Sur de la flecha, frente al núcleo de El Rompido. Ver situación de los trabajos en la zona en el *Anejo I.*

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

3. MARCO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

3.1. Introducción

Introducción

La región comprendida en la Hoja de Huelva (999, E. 1:50.000), se sitúan en la parte suroccidental de la Cuenca del Guadalquivir, dentro de la provincia de Huelva.

Estratigrafía

El orden cronológico de las unidades cartografiadas es el siguiente:

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

-Mioceno Superior

-Cuaternario

MIOCENO SUPERIOR

- Facies de borde (T^{BC}_{3}-$^{BC}_{11-12}$)

Se trata de arenas biointramicríticas, e intramicríticas parcialmente recristalizadas. Presentan bancos de cemento ferruginoso, lo que las dota de una coloración marrón oscuro a negro.

- Margas azul-verdosa (Tm_{12}^{BC})

Margas azules y azul-verdosas con estratificación muy difusa o nula, presentan localmente laminación paralela y zonas más calcáreas con estructura de bolos.

Hacía el techo, localmente se hacen más limo-arenosas, lo que ha dificultado en cartografía su separación del tramo superior.

- Limos arenosos-calcáreos amarillos (T_{12}^{BC})

Concordante con el término anterior encontramos un paquete constituido por limos arenoso-calcáreos de un color marrón amarillento que se extiende ampliamente por la zona centro-sur de la Hoja.

Presentan estratigrafía masiva a muy difusa, aunque localmente sea más neta, con bancos que oscilan entre 30 cm a 1,5 m. Los afloramientos, al igual que el tramo inferior, son escasos y sólo en canteras, taludes de carretera o vías férreas pueden ser muestreados.

El tránsito con el tramo infrayacente de las margas azules, si bien es neto en numerosos puntos, en otros, principalmente porque el cultivo de tierras ha producido mezcla de materiales, se hace difuso y difícil de cartografiar.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

PLIOCUATERNARIO.

- **Arenas basales (T^B_2-Q)**

Subyacentes y discordantes con los limos arenosos-calcáreos, descritos en el apartado anterior y datado como Andaluciense, encontramos una litología muy homogénea y color variable de blanco-amarillento a amarillo-rojizo.

Atribuimos el nombre de arenas basales, a esta formación por ser la base a los sedimentos terrígenos posteriores a la regresión Andaluciense.

CUATERNARIO.

-Formación roja (Qcg): En el Pleistoceno inferior hay un notable cambio en las condiciones de sedimentación, pasando a depósitos fluviales. Están formados por cantos rodados de pequeño tamaño y arenas groseras con estratificación cruzada.

-Manto eólico (QD): Suprayacente y discordante sobre todas las formaciones anteriores. Está constituida por arenas blancas, cuya potencia es de 20 cm a 3 m.

-Terrazas (QT): Pertenecientes al río Tinto.

QT_1: Terraza de los 30 m. Se observan conglomerados, gravas y arenas con matriz limo-arcillosa.

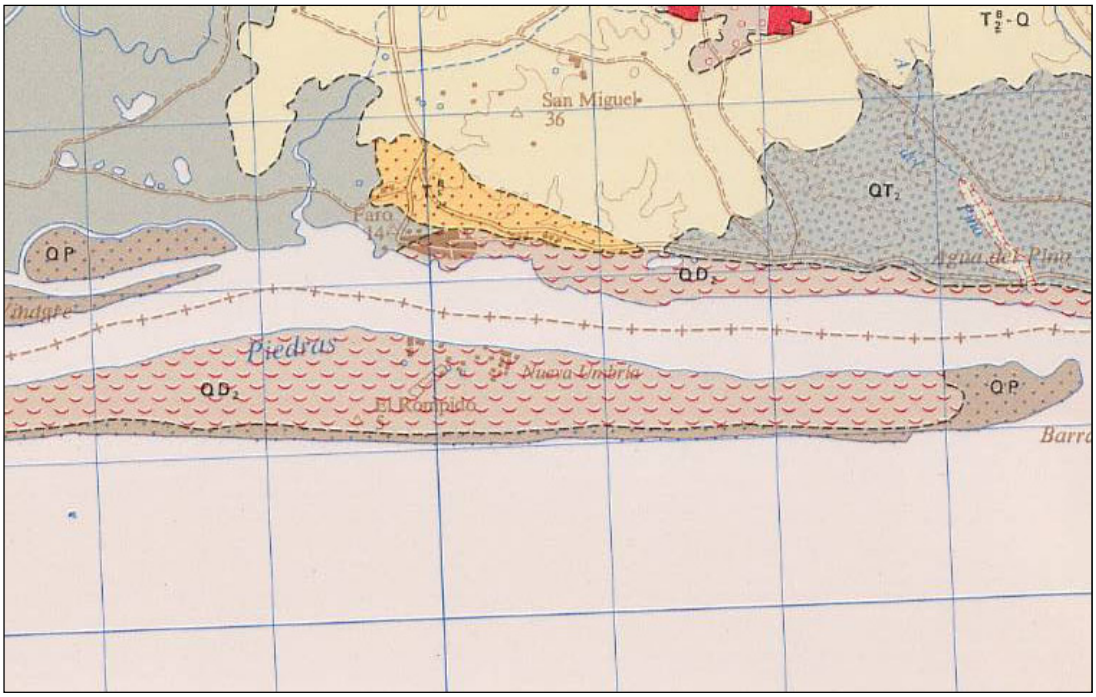
QT_2: Terraza de los 20 m. Es una extensa terraza que discurre por el margen derecho. Son depósitos muy poco ordenados.

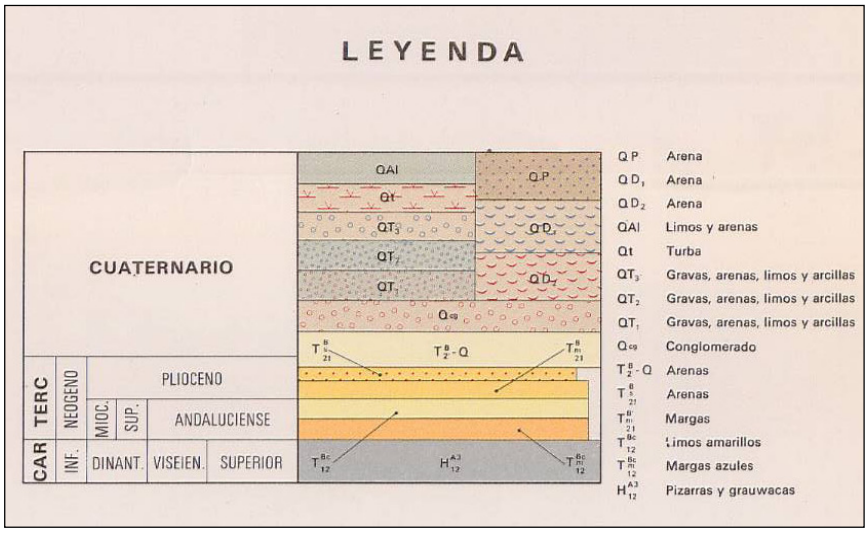
-Turberas (Qt): Ramificaciones de la denominada turbera Las Madres. Se han estudiado espesores de hasta 20 m.

-Aluvial actual (QAl): Sedimentos actuales en una amplia llanura de inundación del río Tinto.

Geo.Logika
soluciones en geología, geotecnia, minería y medioambiente

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos





Mapa geológico 1.50000, Huelva (999). Fuente: IGME

Tectónica

La tectónica a que han sido sometidos los materiales detríticos que componen la Hoja puede considerarse como nula, ya que todos ellos presentan una disposición subhorizontal con buzamiento al sur.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

Llama la atención que exista una red hidrográfica divergente en los cursos menores de agua, lo que nos hace pensar en un ligero levantamiento de la zona central a modo de cúpula. Los datos apuntan a una tectónica muy reciente.

Mediante trabajos de geofísica se ha puesto de manifiesto la presencia de falla ENE-OSO que afectan al zócalo, que no tienen reflejo en superficie.

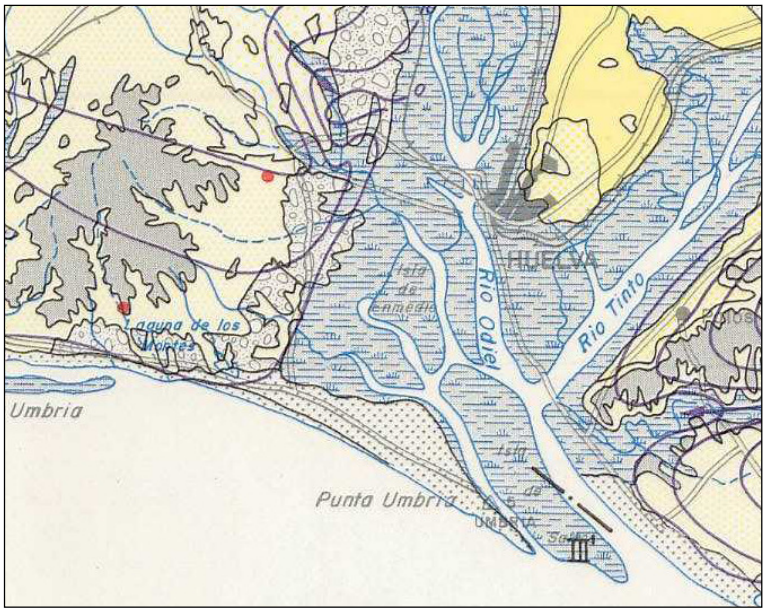
Hidrogeología

Los sedimentos detríticos (QD, Qcg, T^{B}_{2}-Q, T^{Bc}_{12}) de la Hoja que nos ocupa reúnen unas condiciones idóneas en cuanto adsorción, porosidad y permeabilidad, teniendo como base la formación de limos y margas impermeables, que hace que exista un manto acuífero semiconfinado. La máxima potencia se estima en unos 50 m, lo que unido a su gran extensión podría permitir un gran caudal de agua.

El aporte es claramente pluviométrico, alimentando el acuífero y los cursos menores de agua. No es probable que se produzca una contaminación de este acuífero por aguas marinas, ya que la distancia a la costa es superior a 2 km.

Todo esto contribuye a la separación entre los ciclos de las aguas superficiales y las profundas. Los últimos estudios hidrogeológicos realizados sobre la zona, apuntan que este depósito tiene un comportamiento más parecido a un acuicludo.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos



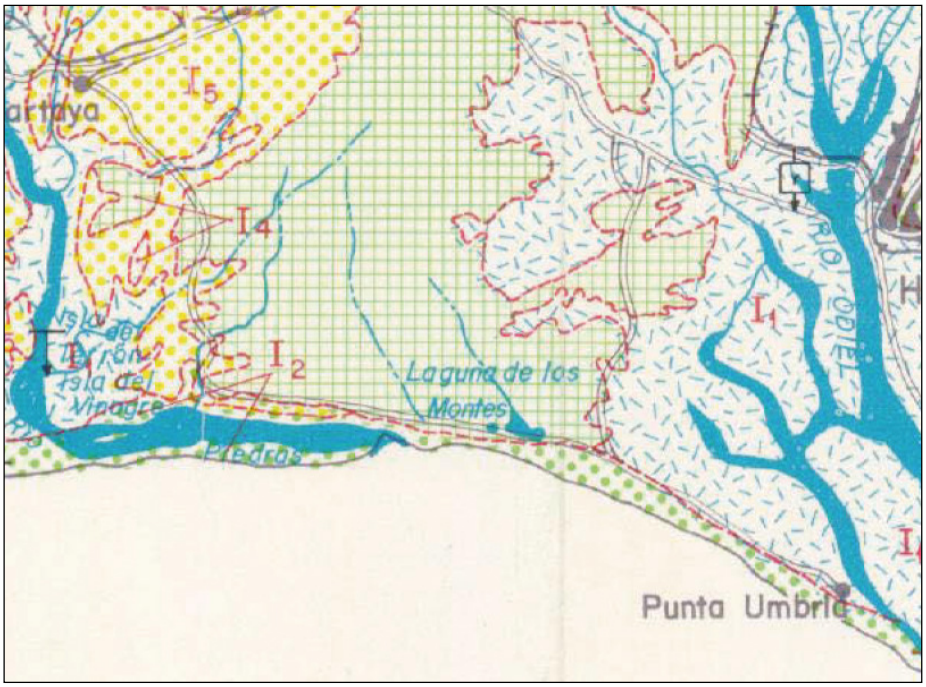
Mapa Hidrogeológico 1:200.000. Fuente: IGME

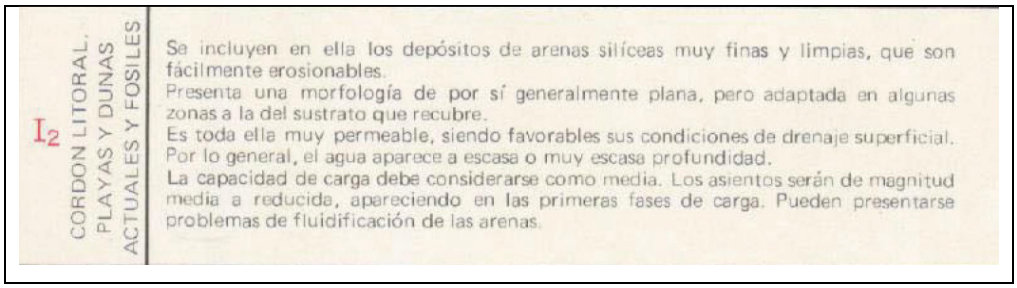
Geotecnia

Nuestra zona de estudio se enmarca en la Hoja de Ayamonte-Huelva del Mapa Geotécnico General (E 1:200.000)

De acuerdo con el Mapa Geotécnico, según los criterios de división y características generales podemos definir la Flecha de El Rompido como una zona caracterizada por arenas silíceas muy finas y limpias, fácilmente erosionables, sobre los depósitos de marisma. Presentan una morfología plana o intermedia. Son materiales muy permeables, con un drenaje superficial favorable, donde el agua aparece a escasa profundidad. Desde el punto de vista de la condición constructiva, los fangos tienen una capacidad de carga baja, con asientos significativos, apareciendo a medio y largo plazo.

Pueden presentarse problemas por la fluidificación de las arenas.





I_2	CORDON LITORAL. PLAYAS Y DUNAS ACTUALES Y FOSILES	Se incluyen en ella los depósitos de arenas silíceas muy finas y limpias, que son fácilmente erosionables. Presenta una morfología de por sí generalmente plana, pero adaptada en algunas zonas a la del sustrato que recubre. Es toda ella muy permeable, siendo favorables sus condiciones de drenaje superficial. Por lo general, el agua aparece a escasa o muy escasa profundidad. La capacidad de carga debe considerarse como media. Los asientos serán de magnitud media a reducida, apareciendo en las primeras fases de carga. Pueden presentarse problemas de fluidificación de las arenas.

Mapa Geotécnico 1:200.000. Fuente: IGME

4. PROSPECCIONES GEOTÉCNICAS

4.1. CAMPAÑA DE CAMPO

4.1.1. Ensayos de penetración dinámica.

Para el estudio cualitativo del subsuelo, se han ejecutado **2 pruebas penetrométricas** tipo *Superpesado* (G-1961) en la planta de las futuras construcciones, según UNE-103801:1994, hasta las siguientes profundidades:

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

PENETRÓMETRO	SITUACIÓN	PROFUNDIDAD (m)
P-1	CAMINO CASETA GASOIL	2,40*
P-2 (1R)		1,00*
P-3	EMBARCADERO	7,80
P-4		5,00

*Rechazo geotécnico 100 golpes/20 cm.

Las gráficas de los ensayos de penetración y las tablas de golpes se recopilan en el *Anejo III.*

Fundamento teórico

Los ensayos penetrométricos son ensayos sencillos y económicos que permiten estimar la resistencia a la penetración de los suelos en profundidad. Cuando se dispone de información geológica adicional (catas o sondeos) pueden servirnos para correlacionar las distintas capas del subsuelo.

El método consiste en la hinca del terreno de una puntaza metálica, unida a un varillaje, mediante golpeo. El equipo de golpeo se compone de una maza, un yunque y unas guías. El yunque transmite la energía recibida a la puntaza mediante unas varillas que se van acoplando sucesivamente según progresa el ensayo. La maza cae libremente, y la velocidad en el momento de iniciar la caída debe ser cero. Existen varios tipos de ensayos en función de la energía de golpeo, estando justificado el uso de cada equipo según el tipo de terreno.

De los tipo de penetración dinámica, el tipo Superpesado es uno de los más utilizado y se realizan, preferentemente en suelos granulares o mixtos hasta profundidades

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

considerables (hasta 25-30 m.). Consiste en la hinca de una puntaza de sección cuadrada de 40 x 40 mm conectada a un tren de varillas de 32 mm de diámetro exterior y longitud variable.

El conjunto es golpeado por una maza de 63,5 Kg de peso, que cae desde una altura de 76 cm, anotándose el número de golpes "N_{20}" necesario para introducir la puntaza 20 cm en el terreno.

Los resultados se exponen en gráficas, donde en el eje de abscisas se representa el número de golpes y en ordenadas la profundidad en metros. Con estos datos y en función del tipo de terreno, se pueden determinar con cierta aproximación los valores de la capacidad portante a distintas profundidades. A partir de correlaciones, conocemos valores de ángulo de rozamiento y cohesión. El ensayo se da por finalizado cuando tras una serie de 100 golpes obtenemos una penetración inferior a 20 cm.

Esto no significa, que a una cota más profunda no puedan aparecer con suelos de menor resistencia; solo se puede conocer esta anomalía, mediante sondeos rotatorios, ya que un nivel muy resistente (rellenos antrópicos, gravas, rocas, etc...) impediría que la puntaza siga profundizando, al ser golpeada por la maza, no pudiéndose por tanto, localizar la existencia de ese estrato más débil. Por tanto el dato de rechazo hay que tomarlo con las debidas reservas, y solo será definitivo en el caso de que se hayan realizado sondeos, o se conozca a la perfección la geología de la zona.

Como hemos dicho los resultados obtenidos en el ensayo son más bien orientativos y hay que tomarlos con cierta reserva antes de considerarlos como capacidades portantes. La naturaleza del terreno tiene gran importancia, así son más fiables los resultados en suelos granulares que cohesivos.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

El parámetro N_B permite calcular la resistencia a la penetración dinámica por punta, y se correlaciona con los parámetros geomecánicos en suelos granulares, obteniendo una columna continua de resistencia del suelo. En los terrenos cohesivos, las correlaciones son más complejas.

Otros ensayos de penetración dinámica son el DPL (Dynamic Probing Light), el DPM (Dymanic Probing Medium) y el DPH (Dynamic Probing Heavy). En este caso, el ensayo tipo Superpesado se ha realizado con un penetrómetro ROSAN autopropulsado, con orugas de goma.

En función del número de golpes obtenido en el ensayo de penetración dinámica Borros, se establece la siguiente clasificación:

SUELOS COHESIVOS		SUELOS GRANULARES	
N_{20}	Consistencia	N_{20}	Compacidad
0-2	Muy Blanda	0-3	Muy suelta
2-5	Blanda	3-6	Suelta
5-12	Media	6-18	Media
12-18	Firme	18-30	Compacta
>18	Dura	> 30	Muy Compacta

4.1.2. Calicatas de reconocimiento

Con la finalidad de reconocer el terreno entre los muros del embarcadero y ante la imposibilidad de llevar equipos pesados, procedimos a realizar **2 Calicatas/Taladros de reconocimiento,** mediante un ahoyador de tierras con tornillo sinfín. Se alcanzaron las siguientes profundidades:

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)
C-1	1,00
C-2	1,00

Las pruebas se realizaron en el interior del relleno entre muros, en la zona emergida. La ubicación de las excavaciones y las columnas geológicas se recogen en el *Anejo I y II*, respectivamente.

4.1.3. Nivel freático

La presencia de agua en la zona de influencia de la cimentación, es uno de los factores más influyentes a la hora del cálculo de las cimentaciones y de la planificación de las obras.

El nivel freático está controlado por un régimen activo, por lo tanto sufre variaciones en el tiempo derivadas de los condicionantes intrínsecos como la naturaleza de los depósitos, hidrogeología de la zona, aportes y/o extracciones artificiales, acción de las mareas, etc.

Directamente asociado a la naturaleza de los materiales, tenemos los dos parámetros más relevantes, la permeabilidad y la transmisividad. Así, la presencia de la masa de agua se traduce en empujes hidrostáticos sobre muros de sótano y subpresiones sobre la cimentación. También favorece los efectos de colapso en suelos con sales solubles, materia orgánica o alta porosidad.

Durante la supervisión de las excavaciones (26/12/18), encontramos las aguas marinas a -0,50 m. Zona inundable por el régimen de mareas.

4.1.4. Toma de muestras alteradas

Con idea de caracterizar los materiales, se procedió a la toma de **1 muestra alterada de suelo** correspondiente al C-1 de -0,50 m. Esta muestra fue llevada al laboratorio para su análisis.

4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

Sobre la muestra alterada obtenida en la cata y siguiendo las correspondientes normas UNE, NLT y EHE, se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

ENSAYOS	UD.
Ensayo granulométrico por tamizado (UNE-103101)	1
Determinación de los Límites de Atterberg (UNE-103103/103104)	1
Contenido en sulfatos solubles en suelo (UNE-103202)	1
Determinación del grado de acidez Baumann-Gully (EHE)	1
Ensayo de Aguas freáticas (EHE)	1

Los resultados y las actas de los ensayos están recogidos en el *Anejo IV.* (G-1961).

5. RIESGO SÍSMICO DE LA ZONA

La Norma de Construcción Sismorresistente NCSR-02 aprobada por Real Decreto 997/2002 del 27 de septiembre de 2002 y establece las líneas que han de seguirse dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, construcción, reformas y conservación de aquellas edificaciones y obras a las que se encuentren dentro del ámbito de la norma.

Esta Norma es de aplicación al proyecto, construcción y conservación de edificaciones de nueva planta y en los casos de reformas o rehabilitación que impliquen modificaciones substanciales de la estructura, a fin de que los niveles de seguridad de los elementos afectados sean superiores a los que poseían en su concepción original.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

El proyectista o director de obra podrá adoptar, bajo su responsabilidad, criterios distintos a los que se establecen en esta Norma, siempre que el nivel de seguridad y de servicio de la construcción no sea inferior al fijado por la Norma, debiéndolo reflejar en el proyecto.

A efectos de esta Norma, de acuerdo con el uso a que se destinan, con los daños que puede ocasionar su destrucción e independientemente del tipo de obra de que se trate, las construcciones se clasifican en:

1. De importancia moderada

Aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros.

2. De importancia normal

Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.

3. De importancia especial

Aquellas cuya destrucción por el terremoto, pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos. En este grupo se incluyen las construcciones que así se consideren en el planteamiento urbanístico y documentos públicos análogos así como en reglamentaciones más específicas. De manera genérica se enuncian algunas,

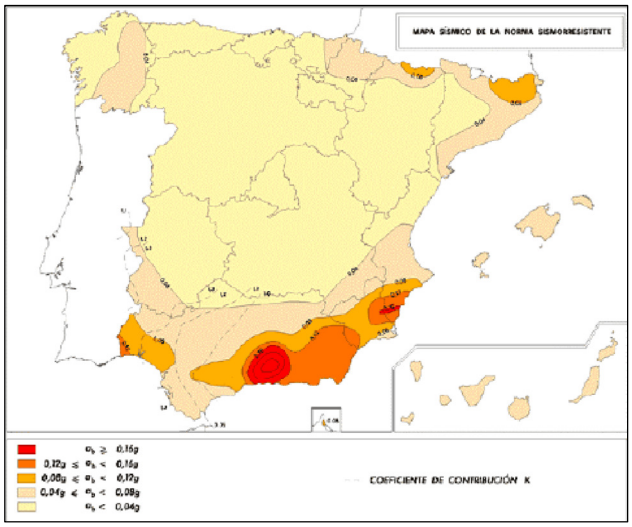
- Hospitales, centros o instalaciones sanitarias de cierta importancia.
- Edificios e instalaciones básicas de comunicaciones.
- Edificios para centros de organización y coordinación de funciones para casos de desastres.
- Edificios para personal y equipos de ayuda, bomberos, policía, fuerzas armadas, etc.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

- Construcciones para instalaciones básicas de las poblaciones como depósitos de gas, agua, centrales eléctricas, etc.
- Edificios e instalaciones industriales incluidas en el ámbito de aplicación del Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- Las grandes construcciones de ingeniería civil como centrales nucleares o térmicas, grandes presas o aquellas con riesgo potencial que estén clasificadas en las categorías A o B del Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses vigente.
- Las construcciones catalogadas como monumentos históricos o artísticos, o de interés cultural o similar.
- Edificios e instalaciones vitales de los medios de transporte.
- Las construcciones destinadas a espectáculos públicos y las grandes superficies comerciales.
- Etc. (Ver listado completo en la Norma)

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica de la figura 2.1 de la Norma. Dicho mapa suministra, expresada en relación al valor de la gravedad, g, la *aceleración sísmica básica*, a_b –un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno- y el *coeficiente de contribución*, *K*, que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos



La lista del anejo 1 de la Norma, detalla por municipios los valores de la aceleración sísmica básica iguales o superiores a 0,04g, junto con los del coeficiente de contribución K.

La *aceleración sísmica de cálculo*, a_c, se define como el producto:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

donde:

a_b : Aceleración sísmica básica

ρ: Coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda a_c en el período de vida para el que proyecta la edificación. Toma los siguientes valores:

construcciones de importancia normal $\rho = 1,0$

construcciones de importancia especial $\rho = 1,3$

S: Coeficiente de ampliación del terreno. Toma el valor:

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

Para $\rho . a_b \leq 0{,}1g$ $\quad S = C/1{,}25$

Para $0{,}1g > \rho . a_b < 0{,}4g$ $\quad S = C/1{,}25 + 3{,}33\ (\rho . a_b/g - 0{,}1)(1 - C/1{,}25)$

Para $0{,}4g \leq \rho . a_b$ $\quad S = 1{,}0$

siendo:

C: Coeficiente de terreno. Depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación. Los terrenos se clasifican en los siguientes tipos:

- Terreno tipo I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $V_s > 750$ m/s.
- Terreno tipo II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, 750 m/s $\geq V_s > 400$ m/s.
- Terreno tipo III: Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, 400 m/s $\geq V_s > 200$ m/s.
- Terreno tipo IV: Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $V_s \leq 200$ m/s.

A cada uno de estos tipos de terreno se le asigna el valor del coeficiente C indicado en la siguiente tabla:

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

TIPO DE TERRENO	COEFICIENTE C
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

Para obtener el valor del coeficiente de cálculo se determinarán los espesores e_1, e_2, e_3, e_4 de terrenos de los tipos I, II, III y IV respectivamente, existentes en los primeros 30 primeros metros bajo la superficie.

Se adoptará como valor de C el valor medio obtenido al ponderar los coeficientes C_i de cada estrato con su espesor e_i, en metros, mediante la expresión:

$$C = \sum C_i \cdot e_i / 30$$

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Localidad: Cartaya*	**a_b:** 0,11g	**K:** 1,3		**ρ:** 1,0
Terreno tipo	**IV**	**III**	**II**	**I**
Espesor (m)	0,0-6,0	6,0-15,0	15,0-30,0	/
Coeficiente del terreno (C): 1,5				
Coeficiente de amplificación del terreno (S): 1,21				
Aceleración sísmica de cálculo (a_c): 0,134g				

*Aunque los terrenos pertenecen administrativamente a la localidad de Lepe, entendemos que por proximidad es más apropiado aplicar los factores del municipio de Cartaya.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

6. INFORME

6.1. UNIDADES GEOTÉCNICAS.

A partir de la columna de los taladros y la correlación de los perfiles de los penetrómetros, definimos los niveles geotécnicos afectados por los trabajos:

UNIDAD GEOTÉCNICA Nº 1.– Recubrimientos groseros.

Nivel más superficial formado por arenas limosas con vertidos recientes heterogéneos donde destacan restos cerámicos y bloques de piedra, en disposición caótica. Están recubiertos por material fino mareal y restos orgánicos. Color marrón oscuro. Comportamiento geotécnico muy desfavorable.

El espesor observado en las catas es:

CATA	ESPESOR (m)	COTA SUPERIOR (m)	PROFUNDIDAD INFERIOR (m)
C-1	0,10	0,00	0,10
C-2	0,15	0,00	0,15

Estos materiales deberán ser atravesados o eliminados, para cimentar.

UNIDAD GEOTÉCNICA Nº 2.–Arenas arcillosas orgánicas.

Depósito Cuaternario de transición constituido por arenas arcillosas de baja/nula plasticidad, con abundantes bioclastos (fangos). Elevada porosidad y altamente compresibles. Color gris negruzco. Saturados y de compacidad Muy Suelta.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

El espesor observado en las catas es:

CATA	ESPESOR (m)	COTA SUPERIOR (m)	PROFUNDIDAD INFERIOR (m)
C-1	0,90	0,10	1,00
C-2	0,85	0,15	1,00

CATA	C-1
PROFUNDIDAD	-0,50
Límite Líquido	N.P.
Índice de Plasticidad	N.P.
Pasan tamiz 5 UNE (%)	95,98
Pasan tamiz 0,080 UNE (%)	14,1
Clasificación de Casagrande	SM
Compacidad	MEDIA-COMPACTA

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

6.2. AGRESIVIDAD QUÍMICA DE LOS MATERIALES AL HORMIGÓN

Realizada una determinación de sulfatos y grado de acidez Baumann-Gully a los suelos, según lo recogido en la EHE-08 (Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio), se obtuvieron los siguientes resultados:

TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARÁMETROS	**RESULTADOS**	TIPO DE EXPOSICIÓN (Según EHE)		
			Qa	Qb	Qc
			ATAQUE DÉBIL	ATAQUE MEDIO	ATAQUE FUERTE
SUELO	GRADO DE ACIDEZ BAUMANN-GULLY (mg/Kg)	**86,65**	>200	(*)	(*)
	IÓN SULFATO (mg SO_4^{2-}/kg)	**507,41**	2.000-3.000	3.000-12.000	>12.000

(*) Estas condiciones no se dan en la práctica.

Tipo de medio agresivo: AGUA (26-12-2018, 11:00 pm).

Parámetros considerados: Agresividad según EHE-08

PARÁMETROS	C-1 (-0,50 m)	TIPO DE EXPOSICIÓN (Según EHE)		
		Qa	Qb	Qc
		ATAQUE DÉBIL	ATAQUE MEDIO	ATAQUE FUERTE
DETERMINACIÓN DE ACIDEZ (pH)	**7,80**	6,5-5,5	5,5-4,5	<4,5
IÓN SULFATO (mg SO_4^{2-}/l)	**2.655,32**	200-600	600-3.000	>3.000
CONCENTRACIÓN DE MAGNESIO (mg Mg^{2+}/l)	**13,32**	300-1.000	1.000-3.000	>3.000
CONCENTRACIÓN DE AMONIO NH_4^+ (mg NH_4^+/l)	**14,1**	15-30	30-60	>60

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

PARÁMETROS	C-1 (-0,50 m)	TIPO DE EXPOSICIÓN (Según EHE)		
		Qa	Qb	Qc
		ATAQUE DÉBIL	ATAQUE MEDIO	ATAQUE FUERTE
CONCENTRACIÓN DE CO_2 (mg CO_2/l)	**0,22**	15-40	40-100	>100
RESIDUO SECO (mg/l)	**164,32**	75-150	50-75	<50
Coluros (mg/l)	**2.144,4**	Según EHE el valor debe ser menor a 3 gr/l		

De acuerdo con la EHE, solo las clases específicas Qb y Qc requerirán la utilización de cementos especiales "SR" en el hormigón. Los suelos ensayados no son agresivos al hormigón, pero las aguas sí.

ELEMENTO ESTRUCTURAL		**CIMIENTO**	
CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN	**CLASE ESPECÍFICA DE EXPOSICIÓN**	**TIPO DE AMBIENTE**	**RECOMENDACIONES**
IIIa, marina	Qb	IIIa+ Qb	Las especificaciones de la EHE para este tipo de ambientes.

La presencia significativa de ión sulfato y cloruros, evidencia la influencia de las aguas marinas en el entorno de la construcción.

6.3. FENÓMENOS DE EXPANSIVIDAD Y/O COLAPSO

Los materiales donde apoyará la cimentación, son principalmente arenas arcillosas de baja/nula plasticidad.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

Por ello, dictaminamos que los suelos naturales estudiados a cota de cimentación y en su ámbito de influencia no experimentan fenómenos de expansividad con las variaciones en la humedad. Sin embargo, la porosidad del subsuelo puede favorecer fenómenos de colapso, incluso con cargas bajas.

Al tratarse de materiales finos aconsejamos tomar las medidas adecuadas para canalizar las aguas en el área de influencia de la construcción. La circulación sin control de aguas externas (lluvia, servicios, escorrentía subsuperficiales, etc.), podría provocar fenómenos de lavado de suelos con los consiguientes problemas de socave bajo el cimiento.

6.4. EXCAVACIONES Y TERRAPLENES

En Proyecto no se recogen vaciados relevantes. Así, únicamente se ejecutará el cajeo para el apoyo del cimiento hasta una profundidad aproximada de 0,80/1,00 m, eliminando de esta forma los rellenos antrópicos recientes (UG-1).

Como exponíamos en el apartado anterior, los materiales afectados por las excavaciones son arenas arcillosas de plasticidad baja, saturadas. La observación de los taludes de la excavación define frentes verticales-subverticales inestables, para alturas bajas. La cota de vaciado prevista se podrá afrontar sin la necesidad de tomar medidas de contención en obra, cuando no influyan las mareas.

A título informativo comentamos que los suelos afectados por las excavaciones presentan una excavabilidad Fácil y podrá ser atacado con medios mecánicos convencionales. La principal dificultad se plantea en vaciados más profundos donde sería necesario el uso de entibación.

Habiéndose detectado el nivel de agua a la cota de -0,50 m, contamos con entradas continuas en el cajeo de la cimentación.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

Deberán tomarse las medidas necesarias durante las labores de excavación del cimiento para asegurar la estabilidad de las tierras. La descompresión que sufre el terreno durante el vaciado, puede provocar el descalce y los consiguientes daños en las estructuras.

En cualquier caso los suelos orgánicos y rellenos, deben ser eliminados/atravesados antes de cimentar. Se recomienda proceder con celeridad al hormigonado del cimiento para evitar la descompresión de la capa de apoyo y evitar la época de lluvias, ya que afecta a la estabilidad de los taludes y a la cota del nivel freático.

6.5. IMPERMEABILIZACIÓN DE MUROS

En Proyecto no se recogen plantas bajo rasante, por tanto no procede la determinación de impermeabilidad para los muros en el marco del CTE DB-HS: Salubridad.

6.6. TIPO DE CIMENTACIÓN Y TENSIÓN ADMISIBLE

En resumen, en el subsuelo del embarcadero encontramos rellenos de origen antrópico superficiales, procedentes de las distintas actuaciones sobre la zona (UG-1), aproximadamente 10-20 cm. Mayoritariamente echadizos groseros mezclados con arenas finas y arcillas orgánicas, mareales.

Por debajo, aflora un estrato natural cuaternario formado por arenas arcillosas marrones de baja/nula plasticidad (UG-2). Nivel de compacidad Muy Sueltas y de elevada porosidad. Colapsables. Por tanto, entendemos que se trata de materiales de mala calidad geotécnica y requieren de tratamiento para el apoyo de la cimentación.

Recordar que los penetrómetros se realizaron a cota de la rasante actual del embarcadero. Del estudio de las gráficas de los penetrómetros se deduce un subsuelo natural muy desfavorable.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

Los penetros P-1 y P-1R (P-2) se ejecutaron en el camino de la caseta del gasoil. Se detectan vertidos de materiales groseros que brindan el rechazo geotécnico a cotas superficiales. Entendemos que se utilizaron como relleno y protección frente a la acción de las mareas. Así, se definen 2 metros de golpeos bajos e irregulares hasta la profundidad de rechazo a 7,80 m en el P-1 y 5,0 m para el P-4.

En el intradós del embarcadero, tenemos golpeos moderados pero constantes que describen un subsuelo de compacidad Media y de granulometría más homogénea. Por debajo de -4,0 m, el golpeo de ambos ensayos aumenta de forma gradual describiendo gráficas ascendentes hasta el término a -7,80 metros en P-3 y a -5,0 m en el P-4.

En consecuencia con lo anteriormente expuesto, y analizados los resultados de los diferentes ensayos procedemos a estudiar la cimentación y las cargas admisibles correspondientes.

Los condicionantes geotécnicos a considerar son:

1. Zona fuertemente impactada por las distintas actuaciones. Rellenos antrópicos con escombros y bloques pétreos, de calidad geotécnica pobre, aproximadamente 2,0 m.
2. Depósito natural mixto saturado de compacidad Muy Suelta, hasta -4,0 m.
3. Zona inundable por las mareas. En el cuerpo del embarcadero, lo encontramos a -0,50 m.
4. Zona interior al l*agoon* mareal. Barra arenosa costera.
5. Estructuras ruinosas con cimentaciones superficiales, muy afectadas por las mareas y el viento.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

6.6.1. SOLUCIONES PARA LA CIMENTACIÓN

De acuerdo con los datos de la campaña geotécnica, nos encontramos con rellenos antrópicos groseros y suelos naturales de baja capacidad portante. Por ello, proponemos mejorar las condiciones de apoyo de la cimentación de los muros del embarcadero y de la caseta del gasoil.

→ **EMBARCADERO**

Nos encontramos con una estructura de mampostería en plena carrera de mareas. Cuenta con dos muros paralelos de bloques pétreos, N-S, hacia la ría. El recubrimiento de algas y escaramujos no permite una identificación clara de los mismos. No obstante, nos parecen bloques de calcarenitas (areniscas bioclásticas), pizarras y grauvacas (Paleozoicas). El paso del tiempo y la acción del agua, ha degradado el ligante.

Considerando la solución de Proyecto y las condiciones geotécnicas de los suelos naturales, validamos una **cimentación mediante losa/solera armada con densificación del terreno con hinca de rollizos de madera.**

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

Nuestra experiencia en la zona, nos indica que en suelos saturados de baja o nula compacidad, es frecuente la hinca de troncos de madera con una longitud de entre 4,0 y 5,0 m con diámetros mínimos de unos 20 cm, y una densidad de 4/5 unidades por m^2.

En esta práctica las maderas más utilizadas y que garantizan más durabilidad son el eucalipto, el pino, el roble o el abeto. Los troncos son altamente vulnerables a la degradación por agentes químicos y al ataque de insectos perforadores; por ello, se deben utilizar bajo el agua donde se conservan sanos indefinidamente. Los tramos de troncos que se encuentren sobre la cota de agua, se tratarán con cloruro de zinc, sulfato de cobre y otros productos químicos patentados, para evitar que se pudran.

La impregnación con *creosota* es uno de los tratamientos más utilizados y eficaces para los pilotes de madera (orden PRE-2666-2002 y NTP-699). Generalmente se emplean de 200 a 400 Kg de creosota por m^3 de madera, que se introducen por el procedimiento de vacío y presión.

Sin embargo, desde la emisión de la directiva europea 2001/90CE y su trascripción española en la Orden 2666/2002, el uso y distribución de la creosota se ha limitado. Así, hemos constatado los problemas que presentan la adquisición del producto y la puesta en obra.

Los troncos más comunes en nuestra zona y que brindan mejores resultados son de eucalipto rojo. Se trata de una especie muy abundante y que permite preparar rollizos de distintas longitudes manteniendo una elevada dureza. Los troncos deben ser llevados a obra para su hinca, inmediatamente después del corte en campo. De esta forma, el palo verde mantiene la estructura interna de la madera en condiciones de humedad natural.

Las características de los rollizos de eucalipto joven, impiden el tratamiento con autoclave. Son maderas duras y densas. Por tanto, cualquier impregnación quedaría en la superficie perdiéndose durante la hinca.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

A todo esto le sumamos, que los rollizos de eucalipto rojo se llevan utilizando desde hace siglos con buenos resultados. Además, hemos podido constatar recientemente su comportamiento en obras con mayores exigencias de carga.

En cuanto a la puesta en obra, al tratarse de suelos de baja compacidad la hinca debe realizarse desde el perímetro al interior del solar, con idea de proteger los muros y densificar el terreno. Para evitar acciones diferenciales bajo el cimiento, los rollizos ocuparán toda la huella de la edificación con una disposición a tresbolillos y 4/5 unidades por m^2 con diámetros mínimos de unos 20 cm, debiendo dejar siempre al menos 15 centímetros de los rollizos por encima del plano de hinca.

Los rollizos de madera sufren bastante durante la fase de hinca, pudiéndose producir un rasgado de las fibras en cabecera o la rotura en el fuste. Es importante controlar el peso del percutor y la altura de caída. Como referencia empírica se toma un peso del martillo igual al peso del pilote para trabajos intensos y no menos de la mitad del peso del pilote, para una hinca moderada.

- **Procedimiento de trabajo.**

Una vez eliminados los rellenos groseros superficiales (UG-1), sobre los suelos naturales se comenzará con la hinca, desde los linderos al interior. Los sobrantes de hinca se recortarán para generar una plataforma regular y a cota del cajeo.

A continuación, se verterá una capa de mejora del apoyo (macadam) de unos 20-25 cm, hasta alcanzar la cota de apoyo de la cimentación. Esta capa permitirá un reparto homogéneo de las cargas, impidiendo posibles punzonamientos de los rollizos en la losa.

Una vez ejecutada la mejora, comprobaremos la bonanza del conjunto mediante distintas investigaciones de campo.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

-Durante el vertido de las tongadas, se controlará la compacidad con el **método de los isótopos radioactivos**, en relación al Proctor de referencia

-En coronación de la subbase, puede realizarse un **ensayo de placa de carga** utilizando las tensiones de proyecto.

→ **CASETA DEL GASOIL**

Por los perfiles de los penetrómetros apuntan a que en esta zona, encontramos elementos gruesos enterrados. Por tanto, la rehabilitación de la cimentación requerirá el saneo de los mismos.

Entendemos que la ruina de la estructura viene principalmente por los procesos erosivos costeros. En consecuencia, se puede reforzar la nueva cimentación con la hinca de palos y utilizar un frente de escolleras para proteger la estructura. La solución de losa armada permitirá un reparto homogéneo y menor afección frente a descalces o asientos puntuales.

Insistimos en la importancia de verificar visualmente por parte del Director de Obra y/o Ejecución, que los suelos excavados corresponden con los expuestos en el presente informe, y que no aparecen blandones o deslizamientos en el plano de cimentación que pudieran provocar fallos de carga.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

6.6.2. CÁLCULO DE LA TENSIÓN ADMISIBLE

A continuación, estudiaremos la tensión admisible del terreno para el diseño de los nuevos cimientos. Siguiendo las directrices del CTE DB SE-C Seguridad Estructural: Cimientos, en el estudio de las cargas de trabajo deben analizarse tres situaciones:

1. Estabilidad global del edificio.
2. Cargas admisibles limitadas frente al hundimiento.
3. Cargas admisibles limitadas por asientos.

Estabilidad Global. Un edificio puede fallar globalmente sin que se den previamente otros factores locales. Esto se produce cuando aparece una superficie de rotura continua que engloba a toda o gran parte del cimiento, y en la que los esfuerzos de corte superen la resistencia al corte del terreno. Este tipo de rotura es frecuente en cimientos próximos a la cabecera de un talud o en medias laderas.

En el caso que nos ocupa, tendremos el cimiento por debajo de rasante con un confinamiento lateral suficiente. Por ello, <u>está garantizada la estabilidad global de la estructura</u>.

Cargas admisibles limitadas por asientos. El método tradicional se basa en el empleo de correlaciones empíricas más o menos directas con los ensayos de penetración. Actualmente se acepta el cálculo mediante las expresiones basadas en el golpeo N_{30}.

a) Para B*<1,2 m

$$q_{adm} = 12 N_{SPT} (1 + \frac{D}{3B*}) \cdot \left(\frac{S_t}{25} \right) \text{kN/m}^2$$

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

b) Para B*≥1,2 m

$$q_d = 8N_{SPT}\left[1+\frac{D}{3B^*}\right]\cdot\left(\frac{S_t}{25}\right)\cdot\left(\frac{B^*+0{,}3}{B^*}\right)^2 \quad \text{kN/m}^2$$

En función de los asientos considerados, para terrenos sin cohesión se obtienen las siguientes tensiones admisibles para un cimiento tipo de:

CIMENTACIÓN	ASIENTOS (mm)	ANCHO (m)	CARGAS POR ASIENTOS (Kp/cm²)
LOSA ARMADA+ MEJORA CON HINCA DE PALOS	5,0	2,0	**1,00**

En el caso que nos ocupa, las cargas admisibles vienen restringidas por **ASIENTOS**. Así, recomendamos no adoptar tensiones de trabajo superiores a las recogidas estos apartados.

Reiteramos la necesidad de salvaguardar la estabilidad global de la cimentación, frente a situaciones de deslizamientos, desprendimientos, descalce, etc. En caso de incumplimiento de alguna de estas premisas, deberán realizarse cálculos específicos para comprobar la estabilidad de los taludes y de la cimentación.

6.6.3. MÓDULO DE BALASTO

El módulo de balasto K_s se define como el cociente entre la presión vertical aplicada y el asiento experimentado:

$$Ks = \frac{q}{s}$$

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

El cálculo del módulo de balasto se realiza por métodos experimentales concretamente mediante ensayos de placa de carga. Cuando el módulo de balasto viene determinado por una placa de carga de 30 cm (es el tamaño más utilizado) se debe prestar especial atención a la conversión entre el K_{30} y el módulo representativo de la anchura real del cimiento. Para la conversión se utilizarán las siguientes expresiones:

- Para cimientos cuadrados sobre suelos granulares.

$$K_{sB} = K_{sp30}\left(\frac{B+0{,}3}{2B}\right)^2$$

Los valores de partida los obtenemos de diferentes tablas publicadas, en función de otros ensayos. Los valores de K_{30} propuestos por *diversos autores* son:

Tipo de suelo	K_{30} (MN/m^3)
Arcilla blanda	15 – 30
Arcilla media	30 – 60
Arcilla dura	60 – 200
Limo	15 – 45
Arena floja	10 – 30
Arena media	30 – 90
Arena compacta	90 – 200
Grava arenosa floja	70 – 120
Grava arenosa compacta	120 – 300
Margas arcillosas	200 – 400
Rocas algo alteradas	300 – 5.000
Rocas sanas	>5.000

Valores recomendados por la CTE DB SE-C

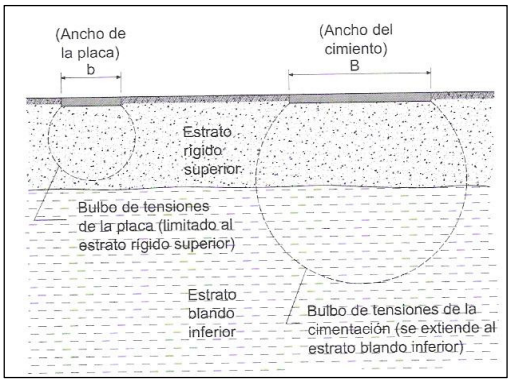
TIPO DE SUELO	K_{30} (Kp/cm^3)
Arena media	3,0-9,0

Considerando un valor aproximado de K_{30}=6,0 Kp/cm^3 con la subbase compactada al 95% Proctor Normal u hormigón pobre, estimamos un $\mathbf{K_{SB}}$ de:

- **Cimiento de 2,0 x10,0 m: 1,34 Kp/cm^3 ~ 1.343,49 t/m^3.**

Para obtener de manera más fiable el módulo de balasto, es aconsejable realizar un ensayo de placa de carga sobre la capa de apoyo.

Estas reservas en el cálculo del módulo cobran especial importancia cuando nos encontramos con terrenos heterogéneos en la vertical. El reducido bulbo de tensiones de la placa de carga puede enmascarar niveles menos competentes en profundidad.



7. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES GENERALES

A continuación se resumen los aspectos más relevantes del estudio geológico-geotécnico:

- A petición de **ESTUDIO 89 ARQUITECTURA S.L.**, se ha elaborado este informe con la finalidad de estudiar el subsuelo del entorno del Real de Almadraba de Nueva Umbría, t.m. de Lepe (Huelva). El estudio ha servido para caracterizar los parámetros geotécnicos de los materiales y facilitar los datos necesarios para el correcto diseño de la estructura (cimiento).

- El estudio ha consistido en 2 calicatas/taladros de reconocimiento, 4 ensayos penetrométricos, ensayos de laboratorio y el correspondiente informe geotécnico.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

-Todos los trabajos de campo y laboratorio han sido realizados por empresas acreditadas, y supervisados por el geólogo firmante.

- Quedan fuera del ámbito de este estudio, anomalías imprevisibles propias de los materiales, así como fenómenos deslizamientos por mala práctica en obra, oquedades o cavidades, etc.

-Las profundidades recogidas en el informe se referencian con la cota de ejecución de los trabajos, en esa fecha. Las variaciones topográficas entre puntos, dentro del solar, son prácticamente despreciables.

-Los resultados obtenidos se han generalizado a la totalidad del solar, entendemos que con buen criterio. No obstante, las prospecciones son puntuales y no se pueden descartar niveles blandos por debajo de la cota de estudio, fallos de carga, fenómenos de inestabilidad por la acción antrópica, etc.

RESUMEN TÉCNICO.

1.- Son de obligado cumplimiento en el Proyecto, las prescripciones que se recogen en la Norma NCSE-02.

Localidad: Cartaya*	**a_b:** 0,11g	**K:** 1,3		**ρ:** 1,0
Terreno tipo	**IV**	**III**	**II**	**I**
Espesor (m)	0,0-6,0	6,0-15,0	15,0-30,0	/
Coeficiente del terreno (C): 1,5				
Coeficiente de amplificación del terreno (S): 1,21				
Aceleración sísmica de cálculo (a_c): 0,134g				

*Aunque los terrenos pertenecen administrativamente a la localidad de Lepe, entendemos que por proximidad es más apropiado aplicar los factores del municipio de Cartaya.

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

2.-Según la EHE, para el cimiento se tomará el Tipo de Ambiente: IIIa+Qb. Será necesario atender a las instrucciones de la norma para este ambiente. Las aguas ensayadas son agresivas al hormigón.

3.- Cimentación:

TIPO DE CIMENTACIÓN	COTA DE APOYO (m)	DIMENSIÓN (m)	CARGA ADMISIBLE (Kp/cm^2)	K_{SB} (Kp/cm^3)
LOSA ARMADA +MEJORA CON HINCA DE PALOS	-0,80	2,0 X 10,0	**1,00**	1,34

- El informe consta de 38 páginas y 6 anejos.

Huelva, a 4 de Febrero de 2019

Rafael Vidal Garduño
Geólogo col. 287- I.T. de Minas col. 1.671

OFICINA: Calle Marchena Colombo nº51 21004 Huelva
T 608 500 591-669 288 726 E-MAIL: rafavidalgar@hotmail.com
NIF: 44.207.168-H
www.geologika.es

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

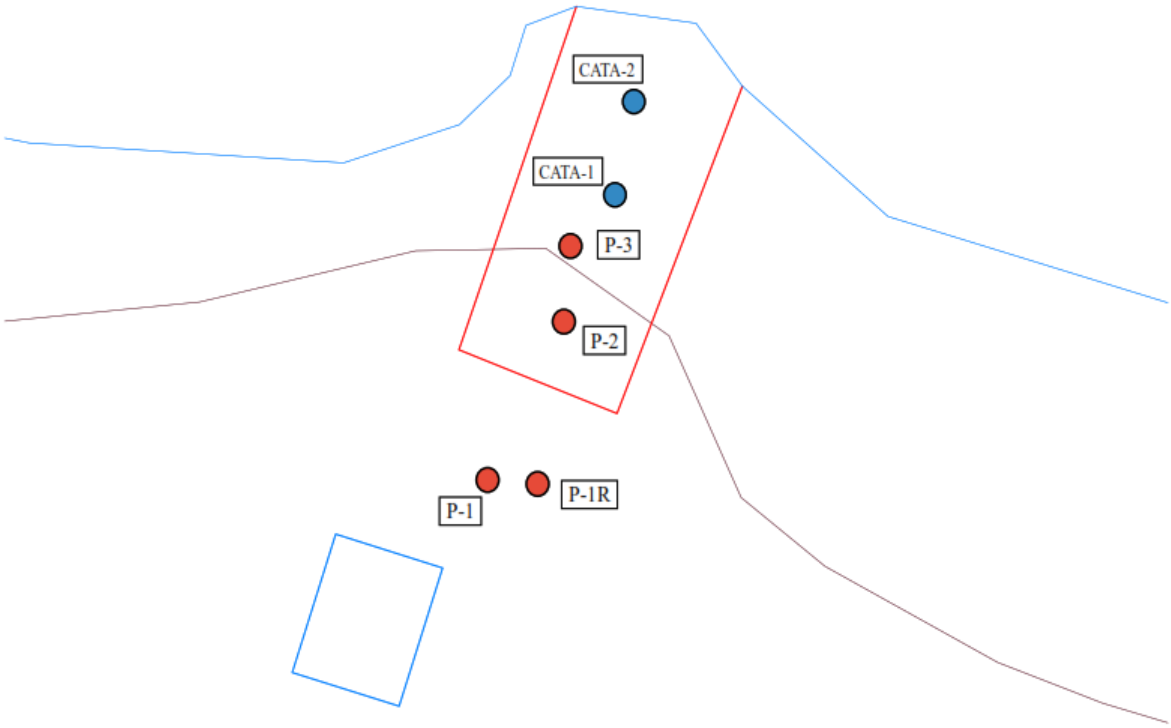
ANEJOS

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

I. PLANO DE SITUACIÓN

Geo.Logika
soluciones en geología, geotecnia, minería y medioambiente

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos



OFICINA: Calle Marchena Colombo nº51 21004 Huelva
T 608 500 591-669 288 726 E-MAIL: rafavidalgar@hotmail.com
NIF: 44.207.168-H
www.geologika.es

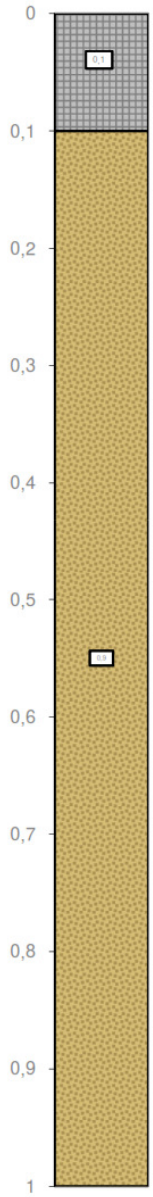
Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

II. CALICATAS DE RECONOCIMIENTO

Geo.Logika
soluciones en geología, geotecnia, minería y medioambiente

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

ADECUACIÓN DEL EMBARCADERO DE LA ALMADRABA DE NUEVA, TM DE LEPE (HUELVA)	FECHA EJECUCIÓN: 26/12/2018	**CATA C-1**
ESTUDIO SOL 89 ARQUITECTURA S.L.		**Nº OBRA: GEO-21218**

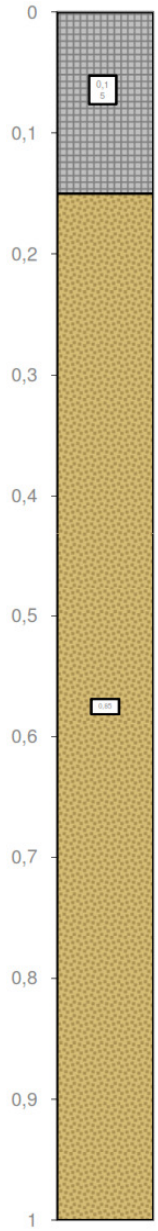
COLUMNA GEOTÉCNICA	DESCRIPCION DE LOS MATERIALES	FOTOGRAFÍAS	COTA DEL NIVEL FREÁTICO (m)
	CAPA SUPERFICIAL. Rellenos antrópicos formados por arenas limo-arcillosas con bloques de roca areniscosa y restos cerámicos dispersos. Zona inundable. Saturada. Color marrón oscuro. DEPÓSITO MARISMA. Arenas limosas orgánicas, color gris negruzco, blandas y saturadas. Abundadntes restos conchíferos y gravilla. Compacidad Muy Blanda. Colapsables. (MUESTRA ALTERADA, 20 KG) Paredes inestables, fácil perforar. FINAL DE LA CATA A -1,00 m	 	0,50
TRABAJOS DE CAMPO	**TÉCNICO SUPERVISOR:** SANDRA CARRASQUILLA. GEÓLOGA **EQUIPO:** AHOYADOR 5CV, 30 CM DE DIÁMETRO-1 M LONGITUD **COTA DE ARRANQUE:** INTERIOR EMBARCADERO		

OFICINA: Calle Marchena Colombo nº51 21004 Huelva
T 608 500 591-669 288 726 E-MAIL: rafavidalgar@hotmail.com
NIF: 44.207.168-H
www.geologika.es

Geo.Logika
soluciones en geología, geotecnia, minería y medioambiente

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

ADECUACIÓN DEL EMBARCADERO DE LA ALMADRABA DE NUEVA, TM DE LEPE (HUELVA)	FECHA EJECUCIÓN: 26/12/2018	CATA C-2
ESTUDIO SOL 89 ARQUITECTURA S.L.		Nº OBRA: GEO-21218

COLUMNA GEOTÉCNICA	DESCRIPCION DE LOS MATERIALES	FOTOGRAFÍAS	COTA DEL NIVEL FREÁTICO (m)
	CAPA SUPERFICIAL. Rellenos antrópicos formados por arenas limo-arcillosas con bloques de roca areniscosa y restos cerámicos dispersos. Zona inundable. Saturada. Color marrón oscuro. DEPÓSITO MARISMA. Arenas limosas orgánicas, color gris negruzco, blandas y saturadas. Abundadntes restos conchíferos y gravilla. Compacidad Muy Blanda. Colapsables. Paredes inestables, fácil perforar. FINAL DE LA CATA A -1,00 m	 	0,50

TRABAJOS DE CAMPO	**TÉCNICO SUPERVISOR:** SANDRA CARRASQUILLA. GEÓLOGA **EQUIPO:** AHOYADOR 5CV, 30 CM DE DIÁMETRO-1 M LONGITUD **COTA DE ARRANQUE:** INTERIOR EMBARCADERO

OFICINA: Calle Marchena Colombo nº51 21004 Huelva
T 608 500 591-669 288 726 E-MAIL: rafavidalgar@hotmail.com
NIF: 44.207.168-H
www.geologika.es

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

III. ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA

TECNISONDEOS
GEOTECNIA Y SONDEOS

Fecha 30/01/2019

PRUEBA DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA DPSH (UNE 103801:94)

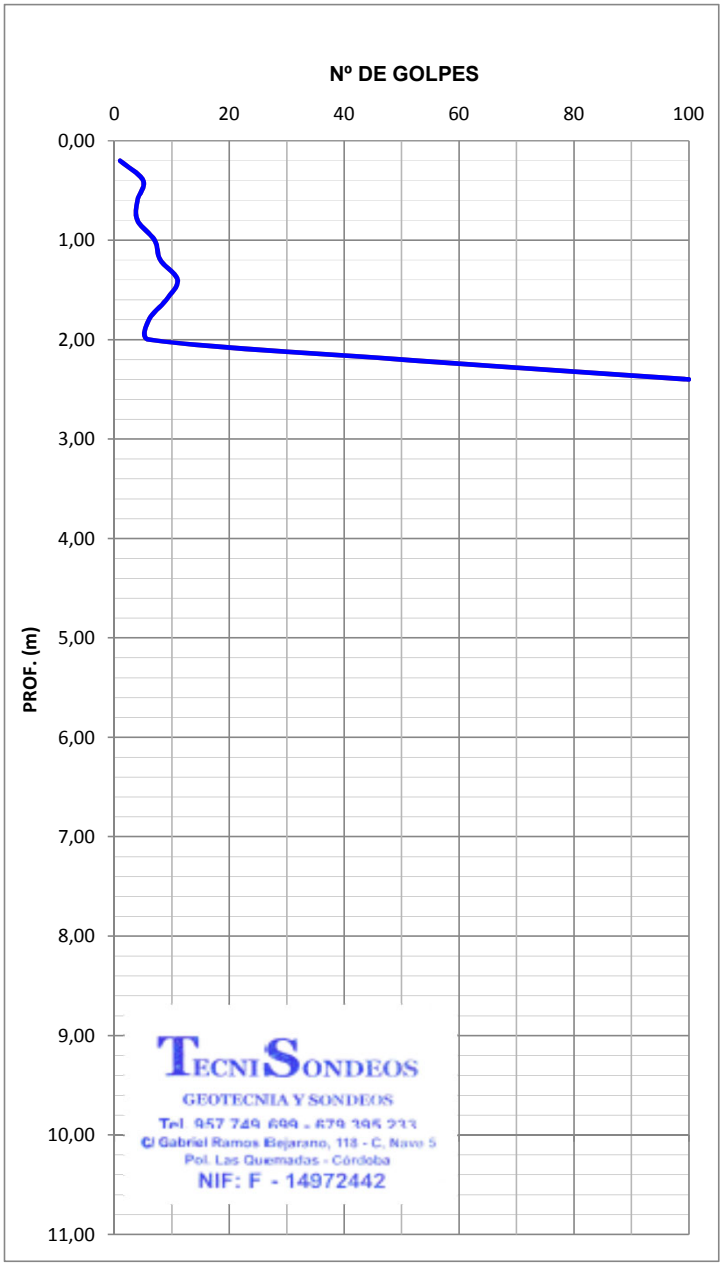
Nº EXPEDIENTE:	G 1961	**FECHA:**	15/01/2019
CLIENTE:	D. RAFAEL VIDAL		
TIPO DE OBRA:	EMBARCADERO		
DIRECCIÓN:	NUEVA UMBRIA. EL ROMPIDO. HUELVA		
N. FREÁTICO:	No encontrado		

Características del penetrómetro DPSH:	
Maquinaria:	TECOINSA
Área de la puntaza:	20 cm^2
Altura de caída:	76 cm
Peso de la maza:	63,5 kg
Diámetro del varillaje:	3,2 cm
Intervalo de golpeo:	20 cm

ENSAYO DE PENETRACIÓN DPSH Nº 1

Profundidad (m)	Nº de Golpes
0,2	1
0,4	5
0,6	4
0,8	4
1	7
1,2	8
1,4	11
1,6	9
1,8	6
2	6
2,2	50
2,4	100

Nº DE GOLPES PARA 20 cm PROFUNDIDAD



TECNISONDEOS
GEOTECNIA Y SONDEOS

Fecha 30/01/2019

PRUEBA DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA DPSH (UNE 103801:94)

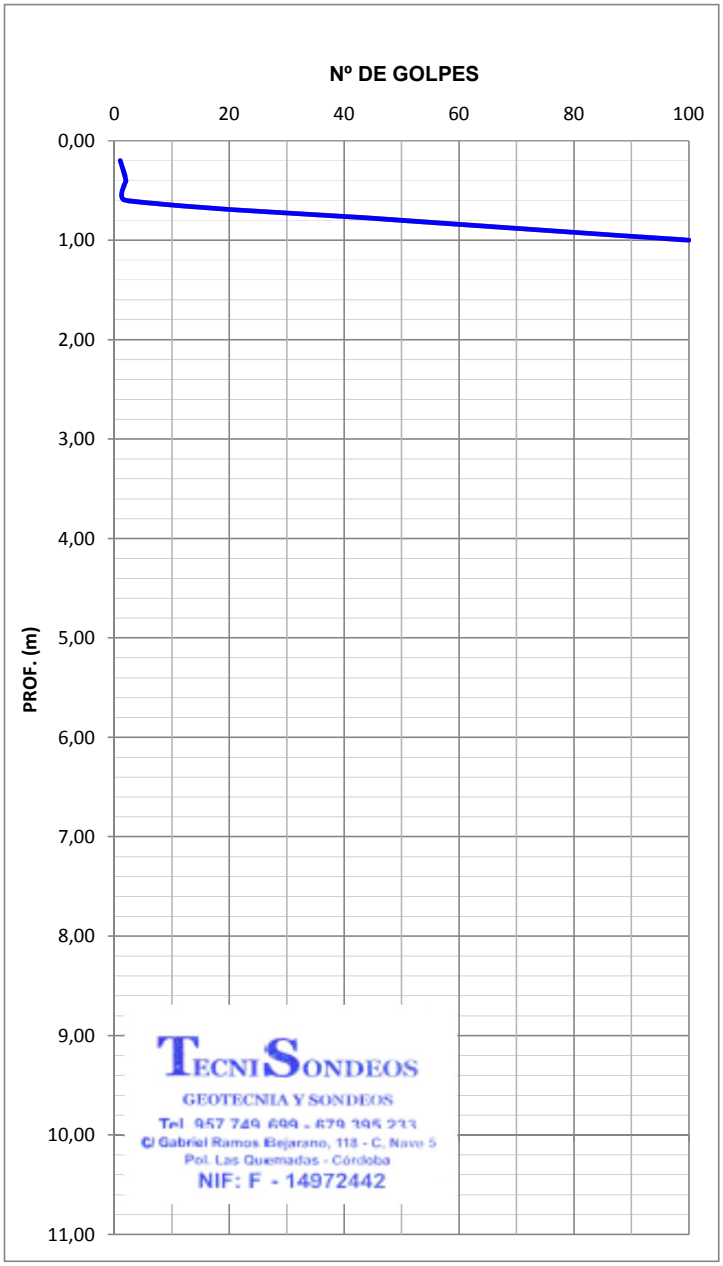
Nº EXPEDIENTE:	G 1961	**FECHA:**	15/01/2019
CLIENTE:	D. RAFAEL VIDAL		
TIPO DE OBRA:	EMBARCADERO		
DIRECCIÓN:	NUEVA UMBRIA. EL ROMPIDO. HUELVA		
N. FREÁTICO:	No encontrado		

Características del penetrómetro DPSH:	
Maquinaria:	TECOINSA
Área de la puntaza:	20 cm^2
Altura de caída:	76 cm
Peso de la maza:	63,5 kg
Diámetro del varillaje:	3,2 cm
Intervalo de golpeo:	20 cm

ENSAYO DE PENETRACIÓN DPSH Nº 2

Profundidad (m)	Nº de Golpes
0,2	1
0,4	2
0,6	2
0,8	50
1	100

Nº DE GOLPES PARA 20 cm PROFUNDIDAD



TECNISONDEOS
GEOTECNIA Y SONDEOS

Fecha 30/01/2019

PRUEBA DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA DPSH (UNE 103801:94)

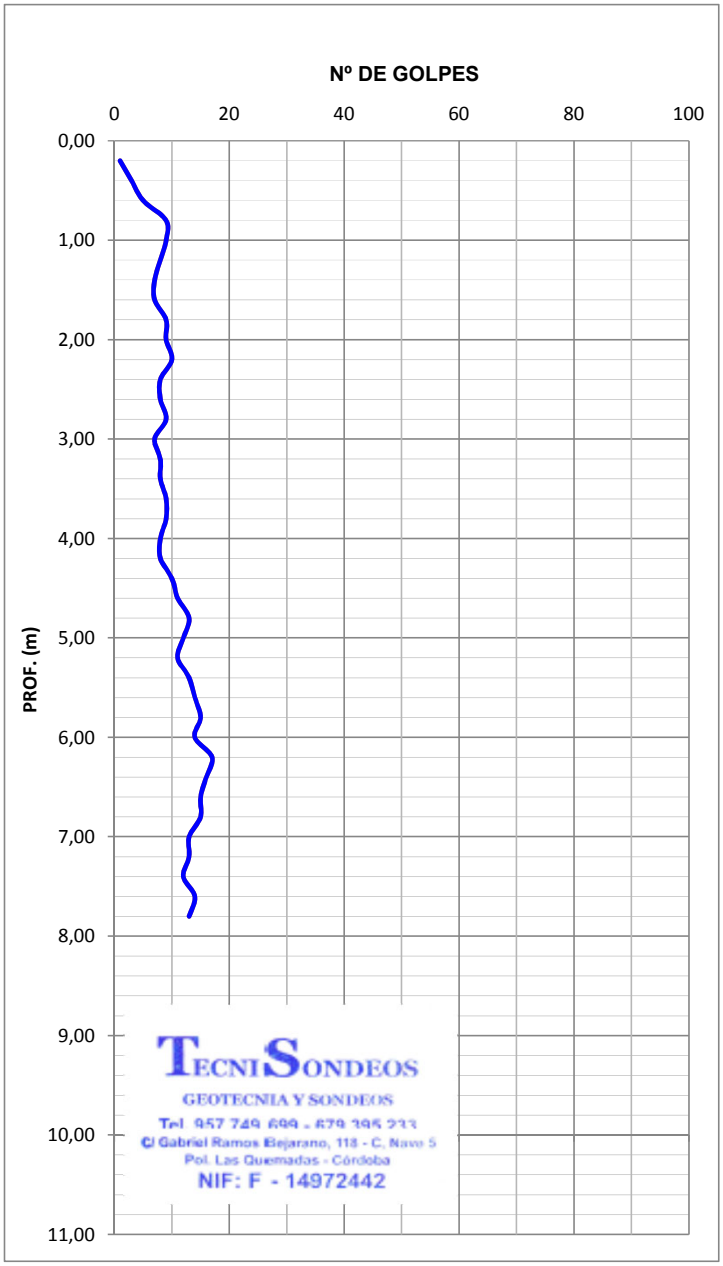
Nº EXPEDIENTE:	G 1961	**FECHA:**	15/01/2019
CLIENTE:	D. RAFAEL VIDAL		
TIPO DE OBRA:	EMBARCADERO		
DIRECCIÓN:	NUEVA UMBRIA. EL ROMPIDO. HUELVA		
N. FREÁTICO:	No encontrado		

Características del penetrómetro DPSH:	
Maquinaria:	TECOINSA
Área de la puntaza:	20 cm^2
Altura de caída:	76 cm
Peso de la maza:	63,5 kg
Diámetro del varillaje:	3,2 cm
Intervalo de golpeo:	20 cm

ENSAYO DE PENETRACIÓN DPSH Nº 3

Profundidad (m)	Nº de Golpes
0,2	1
0,4	3
0,6	5
0,8	9
1	9
1,2	8
1,4	7
1,6	7
1,8	9
2	9
2,2	10
2,4	8
2,6	8
2,8	9
3	7
3,2	8
3,4	8
3,6	9
3,8	9
4	8
4,2	8
4,4	10
4,6	11
4,8	13
5	12
5,2	11
5,4	13
5,6	14
5,8	15
6	14
6,2	17
6,4	16
6,6	15
6,8	15
7	13
7,2	13
7,4	12
7,6	14
7,8	13

Nº DE GOLPES PARA 20 cm PROFUNDIDAD



TECNISONDEOS
GEOTECNIA Y SONDEOS

Fecha 30/01/2019

PRUEBA DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA DPSH (UNE 103801:94)

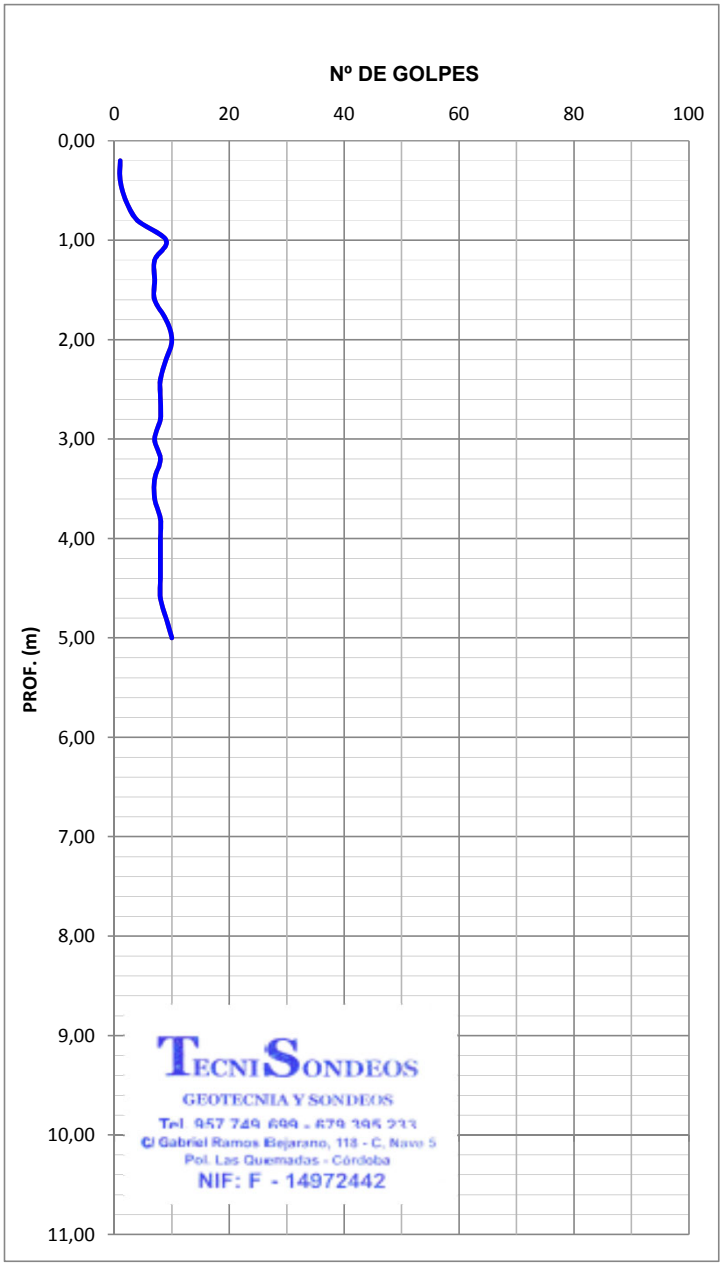
Nº EXPEDIENTE:	G 1961	**FECHA:**	15/01/2019
CLIENTE:	D. RAFAEL VIDAL		
TIPO DE OBRA:	EMBARCADERO		
DIRECCIÓN:	NUEVA UMBRIA. EL ROMPIDO. HUELVA		
N. FREÁTICO:	No encontrado		

Características del penetrómetro DPSH:	
Maquinaria:	TECOINSA
Área de la puntaza:	20 cm^2
Altura de caída:	76 cm
Peso de la maza:	63,5 kg
Diámetro del varillaje:	3,2 cm
Intervalo de golpeo:	20 cm

ENSAYO DE PENETRACIÓN DPSH Nº 4

Profundidad (m)	Nº de Golpes
0,2	1
0,4	1
0,6	2
0,8	4
1	9
1,2	7
1,4	7
1,6	7
1,8	9
2	10
2,2	9
2,4	8
2,6	8
2,8	8
3	7
3,2	8
3,4	7
3,6	7
3,8	8
4	8
4,2	8
4,4	8
4,6	8
4,8	9
5	10

Nº DE GOLPES PARA 20 cm PROFUNDIDAD



Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

IV. ENSAYOS DE LABORATORIO

TECNISONDEOS
GEOTECNIA Y SONDEOS

ENSAYO DE SUELOS

Los cálculos de la incertidumbre de medida están a disposición del cliente que los solicite
Los resultados obtenidos se corresponden solo con la muestra ensayada en el laboratorio
Informe simplificado, la información completa relativa a los ensayos está a disposición del cliente que lo solicite

LÍMITES ATTERBERG (UNE 103-103/104)		Carbonatos (UNE 103200:93)	PROCTOR N (UNE 103-500:94)		Lambe * (UNE103600)		CONTENIDO EN* (NLT 114-UNE103201-UNE103.204)		*CLASIFICACION ASTM D-2487- PEE72	
L.L. UNE 103103:94	NO	E.A.	D.M.	H.O.	Compresion S* UNE103.400		Contenido en Yeso		U.S.C.S. *	SM
L.P. UNE 103104:93	NO				Densidad Seca*		SO4(mg/k)*	507,41	H.R.B. *	A-2-4
I.P.	NO	Acidez Baumann-Gully (UNE 83962:2008)		86,65	% Humedad UNE 103300:93		M. Orgánica *		I.G. *	0,00

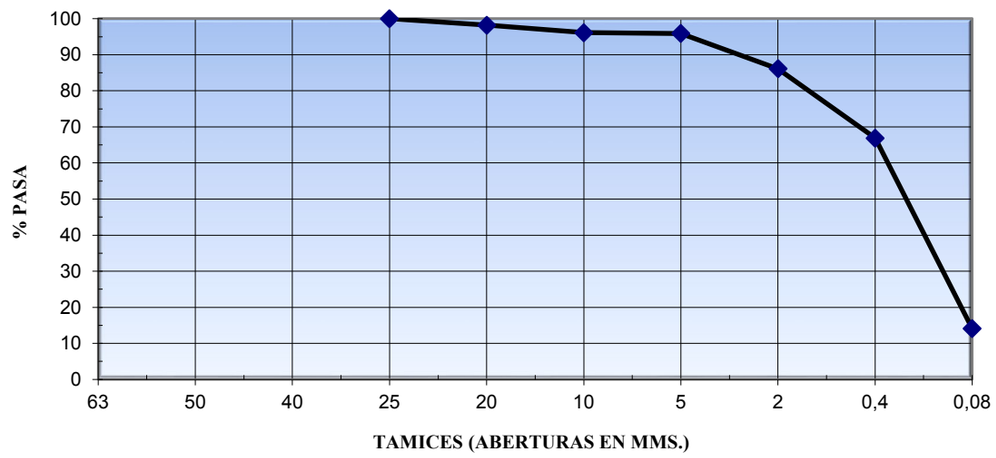
PETICIONARIO: D. RAFAEL VIDAL GARDUÑO

OBRA: EMBARCADERO, NUEVA UMBRÍA. EL ROMPIDO. HUELVA

*GRANULOMETRIA (UNE 103-101/95) **

TAMICES (mm)	% PASA
63	
50	
40	
25	100,0
20	98,2
10	96,1
5	95,9
2	86,1
0,4	66,9
0,08	14,1

GRANULOMETRIA DE SUELOS



PROCEDENCIA: CATA 1, MUESTRA ALTERADA A 0,5 M DE PROFUNDIDAD

TIPO DE MATERIAL: ARENAS MARRONES OSCURAS FANGOSAS CON PRESENCIA DE GRAVILLAS SILICEAS.

Nº MUESTRA: G 1961

Córdoba 30 de enero de 2019

* Observaciones: Se observa la presencia de pequeños cascotes y moluscos

Director y Responsable de Ensayos

Fdo: Jaime González Castillejo
Ingeniero Técnico de Minas

TECNISONDEOS
GEOTECNIA Y SONDEOS
Tel 957 749 699 - 679 395 233
C/ Gabriel Ramos Bejarano, 118 - C, Nave 5
Pol. Las Quemadas - Córdoba
NIF: F - 14972442

TECNISONDEOS
GEOTECNIA Y SONDEOS

ENSAYO DE SUELOS (UNE 103-101:95)

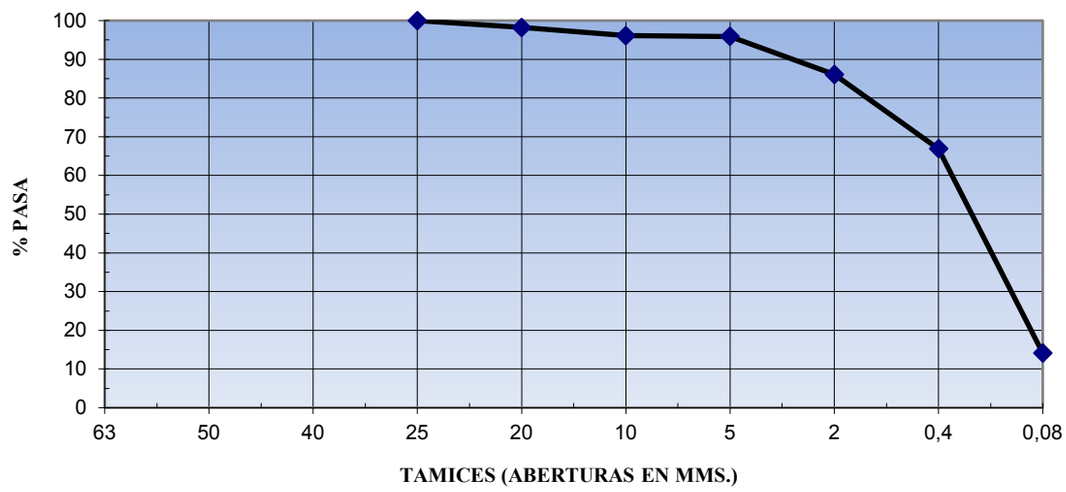
Los cálculos de la incertidumbre de medida están a disposición del cliente que los solicite
Los resultados obtenidos se corresponden solo con la muestra ensayada en el laboratorio
Informe simplificado, la información completa relativa a los ensayos está a disposición del cliente que lo solicite

PETICIONARIO:	**D. RAFAEL VIDAL GARDUÑO**
OBRA:	**EMBARCADERO NUEVA UMBRIA. EL ROMPIDO (HUELVA)**

GRANULOMETRIA (UNE 103-101/95) *

TAMICES (mm)	% PASA
63	
50	
40	
25	100,0
20	98,2
10	96,1
5	95,9
2	86,1
0,4	66,9
0,08	14,1

GRANULOMETRIA DE SUELOS



PROCEDENCIA:	CATA 1, MUESTRA ALTERADA A 0,5 M DE PROFUNDIDAD		
TIPO DE MATERIAL:	ARENAS MARRONES OSCURAS FANGOSAS CON GRAVILLAS SILICEAS	**Nº MUESTRA:**	G 1961

Córdoba 30 de enero de 2019

Director y Responsable de Ensayos

Fdo: Jaime Gonzalez Castillejo
Ingeniero Técnico de Minas

TECNISONDEOS
GEOTECNIA Y SONDEOS
Tel 957 749 699 - 679 395 273
C/ Gabriel Ramos Bejarano, 118 - C, Nave 5
Pol. Las Quemadas - Córdoba
NIF: F - 14972442

TECNISONDEOS
GEOTECNIA Y SONDEOS

ENSAYOS DE SUELOS/ZAHORRAS

Los cálculos de la incertidumbre de medida están a disposición del cliente que los solicite

Los resultados obtenidos se corresponden solo con la muestra ensayada en el laboratorio

NUMERO DE MUESTRA:	G 1961
OBRA:	EMBARCADERO EN NUEVA UMBRÍA. EL ROMPIDO (HUELVA).
TIPO DE MATERIAL:	C-1 A 0,5 M, ARENAS MARRONES OSCURAS FANGOSAS CON GRAVILLAS SILICEAS

DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG

LIMITE LIQUIDO UNE 103-103:94	NO	***LIMITE PLASTICO UNE 103-104:93***	NO	***INDICE DE PLASTICIDAD***	NO

Observaciones:

Cordoba a 30 de enero de 2019

Director y Responsable de Ensayos

Fdo: Jaime González Castillejo
Ingeniero Técnico de Minas

TECNISONDEOS
GEOTECNIA Y SONDEOS
Tel 957 749 699 - 679 395 233
C/ Gabriel Ramos Bejarano, 118 - C, Nave 5
Pol. Las Quemadas - Córdoba
NIF: F - 14972442

* DETERMINACION DEL CONTENIDO EN SULFATOS SEGÚN NORMA UNE 83963:2008

(Anejo 5 EHE)

RESULTADOS:

- **Nº MUESTRA**: G 1961
- **OBRA:** EMBARCADERO, NUEVA UMBRÍA. EL ROMPIDO (HUELVA).
- **MUESTRA:** C-1 A 0,50 M. ARENAS MARRONES OSCURAS FANGOSAS CON GRAVILLAS SILICEAS
-

ENSAYO	RESULTADO	ESPECIFICACIONES EHE		
		GRADO DE AGRESIVIDAD		
		DEBIL	**MEDIO**	**FUERTE**
Contenido en sulfatos (mg/kg)	507,41	**2000 a 3000**	**3000 a 12000**	**>12000**

Córdoba, 30 de enero de 2019

Director y Responsable de Ensayos.

TECNISONDEOS
GEOTECNIA Y SONDEOS
Tel. 957 749 699 - 679 395 233
C/ Gabriel Ramos Bejarano, 118 - C, Nave 5
Pol. Las Quemadas - Córdoba
NIF: F - 14972442

Fdo.: Jaime González Castillejo.

Ingeniero Técnico de Minas

DETERMINACION DE LA ACIDEZ BAUMANN-GULLY – UNE 83962:2008

(Anejo 5 EHE)

RESULTADOS:

La acidez Baumann- Gully es una medida del contenido de iones hidrogeno intercambiables que el componente humus del suelo es capaz de liberar.

- **Nº MUESTRA**: G 1961
- **OBRA:** EMBARCADERO NUEVA UMBRÍA. EL ROMPIDO (HUELVA).
- **MUESTRA:** C-1, A 0,50 M. ARENAS MARRONES OSCURAS FANGOSAS CON GRAVILLAS SILICEAS

ENSAYO	RESULTADO (mg/kg)	ESPECIFICACIONES EHE		
		GRADO DE AGRESIVIDAD		
		DEBIL	MEDIO	FUERTE
Acidez Baumann-Gully	86,65	>200		

Córdoba, 30 de enero de 2019

Director y Responsable de Ensayos

Fdo.: Jaime González Castillejo

Ingeniero Técnico de Minas

TECNISONDEOS
GEOTECNIA Y SONDEOS
Tel. 957 749 699 - 679 395 233
C/ Gabriel Ramos Bejarano, 118 - C, Nave 5
Pol. Las Quemadas - Córdoba
NIF: F - 14972442

TECNISONDEOS

GEOTECNIA Y SONDEOS

ENSAYO DE AGUAS

MUESTRA Nº: G 1961

PETICIONARIO: D. RAFAEL VIDAL GARDUÑO.

OBRA: EMBARCADERO NUEVA UMBRÍA. EL ROMPIDO. HUELVA

REFERENCIA: C-1 A -0,5 M. MUESTRA TOMADA POR PERSONAL LABORATORIO.

ESTE INFORME CONTIENE 2 PAGINAS

TecniSondeos, S.C.A., C/ Gabriel Ramos Bejarano, nº 118-C, nave nº 5, P.I. Las Quemadas, CP: 14014 Córdoba

Teléfono Fijo: 957 74 96 99 Teléfono móvil: 679 39 52 33 y 657 669 304

TECNISONDEOS

GEOTECNIA Y SONDEOS

(UNE 83955:2008) ENSAYOS DE AGUA SEGÚN EHE

PETICIONARIO:	D. RAFAEL VIDAL.
OBRA:	EMBARCADERO NUEVA UMBRÍA.EL ROMPIDO. HUELVA
FECHA TOMA:	15/01/2019

MUESTRA: C-1 **NF:** - 0,50M

TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARÁMETROS		TIPO DE EXPOSICIÓN		
			ATAQUE DEBIL	ATAQUE MEDIO	ATAQUE FUERTE
			Qa	Qb	Qc
AGUA	PH	**7,8**	6,5-5,5	5,5-4,5	<4,5
	CO_2 agresivo (mg CO_2 /l)	**0,221**	15-40	40-100	>100
	Ión amonio NH_4^+ (mg NH_4^+ /l)	**14,1**	15-30	30-60	>60
	Ión magnesio Mg^{2+} (mg Mg^{2+}/l)	**13,32**	300-1000	1000-3000	>3000
	Ión sulfato SO_4^{2-}(mg SO_4^{2-})	**2655,32**	200-600	600-3000	>3000
	Residuo seco (mg/l)	**164,32**	75-150	50-75	<50
	Cloruros (mg/l)	2.144,4	* Según la EHE el valor debe ser menor de 3gr/l		

Córdoba, 30 de enero de 2019

Director y Responsable de Ensayos
Fdo.: Jaime González Castillejo

TECNISONDEOS
GEOTECNIA Y SONDEOS
Tel. 957 749 699 - 679 395 233
C/ Gabriel Ramos Bejarano, 118 - C, Nave 5
Pol. Las Quemadas - Córdoba
NIF: F - 14972442

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

V. DOSSIER FOTOGRÁFICO

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

VISTAS DE LA ZONA Y TRABAJOS DE CAMPO

OFICINA: Calle Marchena Colombo nº51 21004 Huelva
T 608 500 591-669 288 726 E-MAIL: rafavidalgar@hotmail.com
NIF: 44.207.168-H
www.geologika.es

Bárbara Medina Montalbán
Rafael Vidal Garduño
ingeniero t. de minas-geólogos

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CEDEX (2005). Curso de geotecnia de obras lineales. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente.
- COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS Y AIGE (1999). Jornadas Técnicas de Taludes y Laderas. Madrid.
- COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS (2003). VI Curso de Ingeniería Geológica y Geología Aplicada. Madrid.
- COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE ANDALUCÍA (2004). Curso de Geotecnia para Infraestructuras. Sevilla.
- CRESPO DEL CASTILLO, F. (1986). Mecánica del suelo. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.
- GONZÁLEZ DE VALLEJO, L., et al. (2002). Ingeniería Geológica. Pearson Educación, Madrid.
- ITGE (1987). Manual de Ingeniería de Taludes. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.
- IGME. Base Cartográfica. Mapas Geológicos, Hidrogeológicos y Geotécnicos.
- IZQUIERDO SILVESTRE, F.A. (2001). Cuestiones de Geotecnia y Cimientos. Ed. Universidad Politécnica de Valencia.
- JIMÉNEZ SALAS, J.A. y JUSTO ALPAÑES, J.L. (1975). Geotecnia y Cimientos I. Ed. Rueda, Madrid.
- LAMBE T. y WHITMAN, R. (1969). Soil Mechanics. Wiley. Nueva York.
- MINISTERIO DE FOMENTO, DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. (1997). Recomendaciones para el diseño y construcción de muros de escollera en obras de carreteras.
- MINISTERIO DE FOMENTO, DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. (2003). Guía de cimentaciones en obras de carreteras.
- MINISTERIO DE FOMENTO (2008). Instrucción Española Hormigón Estructural (EHE)
- MINISTERIO DE LA VIVIENDA (2006). Código Técnico de la Edificación (CTE)
- RODRÍGUEZ ORTIZ, J.M. Curso Aplicado de Cimentaciones. C.O. de Arquitectos de Madrid.