



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,  
Canales y Puertos

Estudio de soluciones para la estabilización del tramo de  
costa al norte de Port Saplaya (Alboraya, Comunitat  
Valenciana).

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Obras Públicas

AUTOR/A: Orozco Lindo, Marcos Daniel

Tutor/a: Molines Llodrá, Jorge

Cotutor/a: Díaz Carrasco, Pilar

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



# **Estudio de soluciones para la estabilización del tramo de costa al norte de Port Saplaya (Alboraya, Comunitat Valenciana)**

**Memoria**

**Trabajo final de grado**

**Grado en Ingeniería de Obras Públicas**

Autor: Orozco Lindo, Marcos Daniel

Tutor: Molines Llodrá, Jorge

Cotutora: Díaz Carrasco, Pilar



<b>DOCUMENTO Nº1: MEMORIA .....</b>	<b>10</b>
<b>Memoria.....</b>	<b>11</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>12</b>
<b>2. Objeto.....</b>	<b>13</b>
<b>3. Emplazamiento y accesos .....</b>	<b>14</b>
<b>4. Antecedentes y estado actual .....</b>	<b>16</b>
<b>5. Estudios previos.....</b>	<b>21</b>
<b>6. Transporte de sedimentos .....</b>	<b>37</b>
<b>7. Estudio de soluciones.....</b>	<b>40</b>
<b>8. Descripción de la solución adoptada .....</b>	<b>45</b>
<b>9. Referencias .....</b>	<b>47</b>



<b>DOCUMENTO Nº1: ANEJOS .....</b>	<b>49</b>
<b>Anejos.....</b>	<b>50</b>
<b>1. Antecedentes .....</b>	<b>51</b>
<b>2. Emplazamiento y accesos .....</b>	<b>53</b>
<b>3. Geología y geotecnia .....</b>	<b>54</b>
<b>4. Batimetría.....</b>	<b>56</b>
<b>5. Clima marítimo .....</b>	<b>57</b>
<b>6. Oleaje .....</b>	<b>61</b>
<b>7. Cambio climático .....</b>	<b>73</b>
<b>8. Propagación de oleaje .....</b>	<b>74</b>
<b>9. Transporte de sedimentos .....</b>	<b>86</b>
<b>10. Estudio de soluciones .....</b>	<b>92</b>
<b>11. Solución adoptada .....</b>	<b>105</b>
<b>12. Presupuesto .....</b>	<b>114</b>



<b>Documento Nº2: Planos .....</b>	<b>116</b>
<b>PLANOS .....</b>	<b>117</b>
<b>1 Localización .....</b>	<b>118</b>
<b>2 Batimetría.....</b>	<b>120</b>
<b>3 Geología regional .....</b>	<b>122</b>
<b>4 Geología municipal.....</b>	<b>124</b>
<b>5 Alternativa 1: Aportación artificial de arena .....</b>	<b>126</b>
<b>6 Alternativa 2: dique exento .....</b>	<b>128</b>
<b>7 Solución adoptada: planta de la alternativa 3.....</b>	<b>130</b>
<b>8 Solución adoptada: retirada del espigón sur de la playa de Meliana .....</b>	<b>132</b>
<b>9 Solución adoptada: Planta del dique exento.....</b>	<b>134</b>
<b>10 Solución adoptada: sección del dique exento.....</b>	<b>136</b>
<b>11 Perfiles de playa.....</b>	<b>138</b>
<b>12 Perfil en el punto más erosionado de la playa .....</b>	<b>140</b>



## Índice de figuras

Figura 1, vista aérea de Port Saplaya (fuente: Ayuntamiento de Alboraya).	12
Figura 2, situación del tramo de costa (fuente: Google Earth).	13
Figura 3, delimitación del espacio a analizar (fuente: Google Earth).	14
Figura 4, localización de Port Saplaya respecto a la península ibérica (fuente: Google Earth).	15
Figura 5, accesos a Port Saplaya desde Valencia y Alboraya (fuente: Google Earth).	16
Figura 6, costa norte de Port Saplaya año 2001 (fuente: Google Earth):	17
Figura 7, costa norte de Port Saplaya año 2024 (fuente: Google Earth).	17
Figura 8, playa de Meliana año 2001 (fuente: Google Earth)	18
Figura 9, playa de Meliana año 2024 (fuente: Google Earth).	19
Figura 10. Playa de la Malvarrosa año 2001(fuente: Google Earth).	19
Figura 11. Playa de la Malvarrosa año 2024(fuente: Google Earth).	20
Figura 12. Batimetría de la zona de estudio (fuente: Navionics).	21
Figura 13. Batimetría a pie de dique (fuente: Navionics).	22
Figura 14. Altitud en la zona de estudio (topographic-map.com).	23
Figura 15. Distribución espacial de los Nodos SIMAR a lo largo de la península.	24
Figura 16. Rosa de vientos anual en la zona de estudio.	25
Figura 17. Niveles de mareas del mareógrafo de Sagunto.	26
Figura 18. Rosa de oleaje en RM anual	27
Figura 19. Gráfica de mareas en RM anual.	28
Figura 20, gráfica del período de probabilidad de excedencia anual y Hs en RE (fuente: Puertos del Estado)	30
Figura 21, escenarios de incrementos del NM (fuente: IPCC).	31
Figura 22. Población vulnerable debido a los incrementos del nivel del mar (fuente: IPCC).	32
Figura 23. Escenario de inundación (fuente: visor GVA-IPCC).	33
Figura 24. Condición de aguas profundas.	34
Figura 25. Expresión de cálculo para régimen extremal escalar proporcionado por la boya de Valencia.	34
Figura 26. Puntos análisis de transporte de sedimentos (fuente: Google Earth).	37
Figura 27. Tipos de formas en planta de playas (fuente: CEDEX).	39
Figura 28. Planta de Port Saplaya (fuente: Google Earth).	39
Figura 29, Planta del relleno total (fuente: Google Earth).	41
Figura 30, perfil de playa definitivo para la obtención del volumen de aportación (fuente: elaboración propia).	42
Figura 31, representación en planta del dique exento.	43
Figura 32, representación del perfil del dique exento (fuente: elaboración propia).	44
Figura 33, retirada de la estructura de defensa.	46
Figura 34, alimentación artificial de playa	46
Figura 35, construcción de dique exento mediante camino rodado (fuente: El País)	47
Figura 36, Port Saplaya año 2001 (fuente: Google Earth).	51
Figura 37, Port Saplaya año 2024 (fuente: Google Earth)	52
Figura 38, ortofoto de Port Saplaya (fuente: Google Earth).	52
Figura 39, localización del emplazamiento	53
Figura 40, accesos principales por carretera a Port Saplaya (fuente: Google Earth).	54
Figura 41, mapa geológico (fuente: IGME).	55
Figura 42, morfología de los sedimentos (fuente: Plan de Ecocartografía de Valencia).	55
Figura 43, batimetría sacada del Plan de Ecocartografía de Valencia (fuente: MITECO).	56
Figura 44, batimetría del puerto deportivo de Port Saplaya (fuente: Navionics)	57
Figura 45, rosa de vientos anual (fuente: Puertos del Estado)	58
Figura 46, NODO SIMAR de referencia (fuente: Puertos del Estado)	59
Figura 47, mareógrafo de Sagunto (fuente: Puertos del Estado).	59
Figura 48, clavo del mareógrafo de Sagunto (fuente: Puertos del Estado).	60
Figura 49, nivel medio del mar en Sagunto (fuente: Puertos del Estado).	61
Figura 50, oleaje en RM (fuente: Puertos del Estado).	62
Figura 51, tablas de oleaje tomados de 2003-2023 (fuente: Puertos del Estado).	63
Figura 52, tabla de oleaje estacional- invierno (fuente: Puertos del Estado).	64



Figura 53, tabla de oleaje estacional-primavera (fuente: Puertos del Estado).	65
Figura 54, tabla de oleaje estacional-verano (fuente: Puertos del Estado).	66
Figura 55, tabla de oleaje estacional-otoño (fuente: Puertos del Estado).	67
Figura 56, rosa de oleaje anual (fuente: Puertos del Estado).	68
Figura 57, gráfica de probabilidad de excedencia anual, junto con la ecuación de período de retorno (fuente: Puertos del Estado).	69
Figura 58, probabilidad de incremento de subida del nivel del mar (fuente: IPCC).	73
Figura 59, probabilidad de incremento de la subida del nivel y la temperatura del mar (fuente: IPCC).	73
Figura 60, localización de la boya de Valencia (fuente: Puertos del Estado).	75
Figura 61, condición de aguas profundas.	75
Figura 62, ecuación de longitud de onda.	75
Figura 63, tablas de $T_p$ y $H_s$ (fuente: Puertos del Estado).	76
Figura 64, gráfica de probabilidad de excedencia anual de RE escalar de oleaje (fuente: Puertos del Estado).	78
Figura 65, fórmula de $T_p$ (fuente: Puertos del Estado).	79
Figura 66, rosa de oleaje (fuente: Puertos del Estado).	79
Figura 67, direcciones predominantes de oleaje (fuente: elaboración propia).	80
Figura 68, direcciones predominantes de oleaje (fuente: ROM 0.3-91).	80
Figura 69, batimetría (fuente: Navionics).	81
Figura 70, procedimiento de cálculo del ángulo que forma el oleaje respecto a la perpendicular a la costa (fuente: elaboración propia).	82
Figura 71, coeficientes direccionales (fuente: ROM 0.3-91).	82
Figura 72, determinación de parámetros de oleaje (fuente: cress.nl).	85
Figura 73, puntos de caudal de entrada y de salida (fuente: Google Earth).	86
Figura 74, retroceso de la línea de costa entre 2001 y 2024 (fuente: Google Earth).	87
Figura 75, longitud de la costa (fuente: Google Earth)	87
Figura 76, distribución de Weibull (fuente: Puertos del Estado)	88
Figura 77, representación para definir el área de avance.	89
Figura 78, distintas tipologías de playas (fuente: CEDEX).	92
Figura 79, representación de caudales de entrada y de salida (fuente: Google Earth).	92
Figura 80, ancho de playa en el extremo norte respecto del año 2001.	93
Figura 81, ancho de playa en el extremo sur respecto del año 2001	94
Figura 82, estaciones de muestreo.	95
Figura 83, situación de los polígonos de préstamo (fuente: BOE)	96
Figura 84, puntos tomados para la caracterización del perfil de playa (fuente: Google Earth).	99
Figura 85, perfil de verano de la playa (fuente: elaboración propia).	99
Figura 86, perfil de invierno de la playa (fuente: elaboración propia).	99
Figura 87, volumen de aportación (fuente: elaboración propia).	100
Figura 88, terreno regenerado en planta (fuente: Google Earth).	100
Figura 89, parámetros de un dique exento (fuente:CEDEX).	101
Figura 90, relación entre $B$ y $S_1$ de Hsu y Silvester para definir la longitud del hemitómbolo (fuente:CEDEX).	102
Figura 91, diseño en planta del dique exento (fuente: elaboración propia).	108
Figura 92, perfil del dique exento (fuente: elaboración propia)	109
Figura 93, emplazamiento del proyecto (fuente: Google Earth).	109
Figura 94, barrera antiturbidez (fuente: Proyecto de retirada del espigón de Punta Brava).	110
Figura 95, extracción de la escollera por parte de la retroexcavadora (fuente: Proyecto de retirada del espigón de Punta Brava).	110
Figura 96, transporte de la escollera removida (fuente: Proyecto de retirada del espigón de Punta Brava).	111
Figura 97, arena de la base del espigón redistribuida (fuente: Proyecto de retirada del espigón de Punta Brava).	111
Figura 98, acceso rodado para la construcción del dique (fuente: elaboración propia).	112
Figura 99, ejemplo de camino rodado para dique exentos (fuente: dique exento de Benalmádena).	112
Figura 100, localización de empresa propuesta para gestión de residuos (fuente: Google Earth).	113
Figura 101, ubicación de la cantera (fuente: Google Earth).	114



Figura 102, zona de acopios (fuente: Google Earth). \_\_\_\_\_ 114



## Índice de tablas

Tabla 1. Datos de partida para el cálculo de RE escalar. _____	35
Tabla 2. Cálculo de altura de ola significativa según las direcciones predominantes. _____	35
Tabla 3. Propagación de oleaje para escenario RCP 2,6. _____	36
Tabla 4. Propagación de oleaje para escenario RCP 6,0. _____	36
Tabla 5. Propagación de oleaje para escenario RCP 8,5. _____	37
Tabla 6, cálculos del Punto de Cornaglia. _____	38
Tabla 7, cálculos del transporte de sedimentos con datos de campo. _____	38
Tabla 8, calibración de la fórmula del CERC y resultado del caudal de salida (Punto 2) _____	39
Tabla 9, resultado del caudal de entrada (Punto 1) _____	39
Tabla 10, parámetros del diseño en planta del dique exento (fuente: elaboración propia). _____	42
Tabla 11, parámetros estructurales del dique exento (fuente: elaboración propia). _____	43
Tabla 12, valoración económica alternativa 2 (fuente: elaboración propia). _____	44
Tabla 13, profundidades de propagación de oleaje (fuente: elaboración propia) _____	74
Tabla 14, vida útil para las distintas estructuras de defensa (fuente: ROM). _____	77
Tabla 15, parámetros de oleaje (fuente: elaboración propia). _____	77
Tabla 16, cálculo de altura de ola significativa con los coeficientes direccionales (fuente: elaboración propia). _____	83
Tabla 17, parámetros para el cálculo de la altura de ola significativa asociada a una dirección (Hs0). _____	83
Tabla 18, cálculo del oleaje de diseño en RE (fuente: elaboración propia). _____	84
Tabla 19, parámetro para el cálculo de la ola de diseño _____	85
Tabla 20, parámetros calculados para determinar el punto de Cornaglia (fuente: elaboración propia). _____	89
Tabla 21, parámetros para definir el caudal de salida (fuente: elaboración propia). _____	90
Tabla 22, caudales en distintas direcciones (fuente: elaboración propia). _____	91
Tabla 23, calibración de la ecuación del CERC (fuente: elaboración propia). _____	91
Tabla 24, resultados de caudales calibrados con SOLVER (fuente: elaboración propia). _____	92
Tabla 25, caracterización de sedimentos en Port Saplaya (fuente: Estudio ambiental para el dragado y la reubicación de los materiales a dragar en el puerto deportivo de Port Saplaya (Alboraya-Valencia)). _____	95
Tabla 26, resultados de los distintos vibros (fuente: Estudio ambiental para el dragado y la reubicación de los materiales a dragar en el puerto deportivo de Port Saplaya (Alboraya-Valencia). _____	96
Tabla 27, ábaco para determinar el factor de sobrerrelleno (fuente: CEDEX). _____	98
Tabla 28, análisis de la alternativa 1 (fuente: elaboración propia). _____	106
Tabla 29, análisis de la alternativa 2 (fuente: elaboración propia). _____	106
Tabla 30, análisis de la alternativa 3 (fuente: elaboración propia). _____	106



## Índice de ecuaciones

<i>Ecuación 1, cálculo del nivel del mar teniendo en cuenta los escenarios del IPCC</i>	74
<i>Ecuación 2, cálculo del período de retorno.</i>	76
<i>Ecuación 3, coeficiente de refracción</i>	83
<i>Ecuación 4, altura de ola significativa asociada a una dirección.</i>	83
<i>Ecuación 5, ecuación de equilibrio litoral</i>	86
<i>Ecuación 6, formulación teórica de Birkemeier de la profundidad de cierre o punto de Cornaglia</i>	87
<i>Ecuación 7, ecuación del CERC.</i>	90
<i>Ecuación 8, línea de referencia para la formación de un hemitómbolo muy desarrollado.</i>	101
<i>Ecuación 9, expresión para el cálculo del peso de las piezas del manto.</i>	103



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

10



## DOCUMENTO N°1: MEMORIA



## Memoria

<b>DOCUMENTO Nº1: MEMORIA .....</b>	<b>10</b>
<b>Memoria.....</b>	<b>11</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>12</b>
<b>2. Objeto.....</b>	<b>13</b>
<b>3. Emplazamiento y accesos .....</b>	<b>14</b>
<b>4. Antecedentes y estado actual .....</b>	<b>16</b>
<b>5. Estudios previos .....</b>	<b>21</b>
5.1 Batimetría.....	21
5.2 Orografía .....	22
5.3 Geología y geotecnia .....	23
5.4 Clima marítimo .....	24
5.5 Cambio climático .....	31
5.5.1 Incremento del nivel del mar .....	31
5.5.2 Calentamiento Global .....	31
5.5.3 Afecciones al clima marítimo .....	32
5.6 Propagación del oleaje .....	33
<b>6. Transporte de sedimentos .....</b>	<b>37</b>
<b>7. Estudio de soluciones.....</b>	<b>40</b>
7.1.1 Material de aportación .....	41
7.1.2 Volumen de aportación.....	41
7.1.3 Valoración económica.....	42
7.2.1 Diseño en planta.....	42
7.2.2 Tipología estructural .....	43
7.2.3 Valoración económica.....	44
7.3.1 Eliminación del espigón sur de Meliana.....	45
7.3.2 Dique exento .....	45
7.3.3 Valoración económica.....	45
<b>8. Descripción de la solución adoptada .....</b>	<b>45</b>
8.1 Diseño del dique exento .....	46
8.2 Proceso constructivo .....	46
8.3 Valoración económica.....	47
<b>9. Referencias .....</b>	<b>47</b>



## 1. Introducción

El presente proyecto “*Estudio de soluciones para la estabilización del tramo de costa al norte de Port Saplaya (Alboraya, Comunidad Valenciana)*” se presenta como trabajo de fin de grado respecto a la titulación de Ingeniería de Obras Públicas. Se muestra la problemática relacionada con el aumento de erosión asociada a las infraestructuras adoptadas y al consecuente aumento en el nivel del mar como consecuencia del cambio climático. Teniendo en cuenta estos aspectos se proponen y desarrollan soluciones que mejoren el comportamiento estructural y funcional de la costa, todo ello respetando el medio biótico marino.

Port Saplaya es una localidad al norte de la ciudad de València (**ver plano de Localización**) que está bajo la administración del Ayuntamiento de Alboraya, desde inicios de la década de los 2000 se puede comprobar de que se han venido produciendo regresiones en la línea de playa en el tramo de costa objeto del estudio de soluciones, por lo que se han llevado a cabo actuaciones para contrarrestar esta regresión, como las aportaciones de arena que realiza la Demarcación de costas de manera prácticamente anual, pero la erosión sigue presente ganándole terreno al tramo norte de la playa de Port Saplaya.

A esto habrá que agregar, que la costa ha sufrido daños no muy lejanos en el tiempo como el temporal ocurrido ya que en 2016 y 2020, por otra parte, llama la atención que las playa tanto al sur como al norte de Alboraya no tengan especiales problemas de erosión (La Patacona, Meliana, Pobla de Farnals o El Puig).



*Figura 1, vista aérea de Port Saplaya (fuente: Ayuntamiento de Alboraya).*



## 2. Objeto

El objeto del presente estudio de soluciones es proponer una actuación que sea eficaz para resolver la problemática actual de erosión en el tramo de costa objeto de estudio que comprende, desde el dique norte del puerto deportivo hasta la acequia que divide Port Saplaya de la Playa de Meliana (frontera norte).



Figura 2, situación del tramo de costa (fuente: Google Earth).

La dinámica del litoral, así como las repetidas actuaciones a lo largo de las costas más al norte de Port Saplaya, han sido factores que han contribuido a la regresión de la costa. La costa de la Comunidad Valenciana se ve en reiteradas ocasiones perjudicada primero por su morfología, pero también las numerosas obras de defensa llevadas a cabo en estas playas como los espigones en la Playa de Meliana, en la Playa de Masamagrell y en la Playa de Pobla de Farnals.

Se ventilarán una serie de actuaciones en dicho tramo de costa y se escogerá la solución que en la medida lo posible cumpla las siguientes premisas:

- Analizar el tramo norte de Port Saplaya desde la ría que divide la playa de Meliana con la de Port Saplaya hasta el exterior del espigón del puerto deportivo.
- Conseguir contrarrestar la erosión de la playa.
- Lograr que línea de costa avance de manera estable y sostenible frente a la dinámica litoral para que el ancho de la playa se recupere, teniendo en cuenta las subidas del nivel del mar.
- Conseguir que la solución adoptada sea económicamente viable.



Figura 3, delimitación del espacio a analizar (fuente: Google Earth).

### 3. Emplazamiento y accesos

Port Saplaya es una localidad perteneciente al municipio de Alboraya en la comarca de L'Horta Nord, por lo que se localiza al norte a 8km desde el centro de la ciudad de València.

Los accesos mediante tráfico rodado a Alboraya son:

- **En dirección sur:** desde la Av de Alfahuir y la Ronda Norte de Valencia que conecta con el municipio de Alboraya mediante la Av de la Horchata, siendo una vía de carácter urbano, con dos sentidos y dos carriles de circulación.
- **En dirección oeste:** se localiza el enlace Tavernes Blanques-Alboraya, que es una vía de doble sentido de circulación y con un carril por sentido.
- **En dirección Norte:** se localiza la CV-311 (Camino de las Viñas) que sirve de conexión entre el casco urbano y el área de Port Saplaya, conectando con la Autovía V-21, siendo esta la carretera en dirección a Barcelona
- **Por el sur-este:** Se accede a Alboraya por medio de la ciudad de Valencia (Av de Malvarrosa, calle de Cavites y Av de los Naranjos)

La localización exacta de Port Saplaya corresponde a  $39^{\circ} 30' 05''$  N  $00^{\circ} 19' 00''$  W y su correspondiente carta náutica es la 481 (GVA, 1975). Además de los accesos por carretera, cabe mencionar que hay una pasarela que da acceso caminando o por bicicleta la cual comunica L'Horta directamente con el centro de Port Saplaya.



*Figura 4, localización de Port Saplaya respecto a la península ibérica (fuente: Google Earth).*

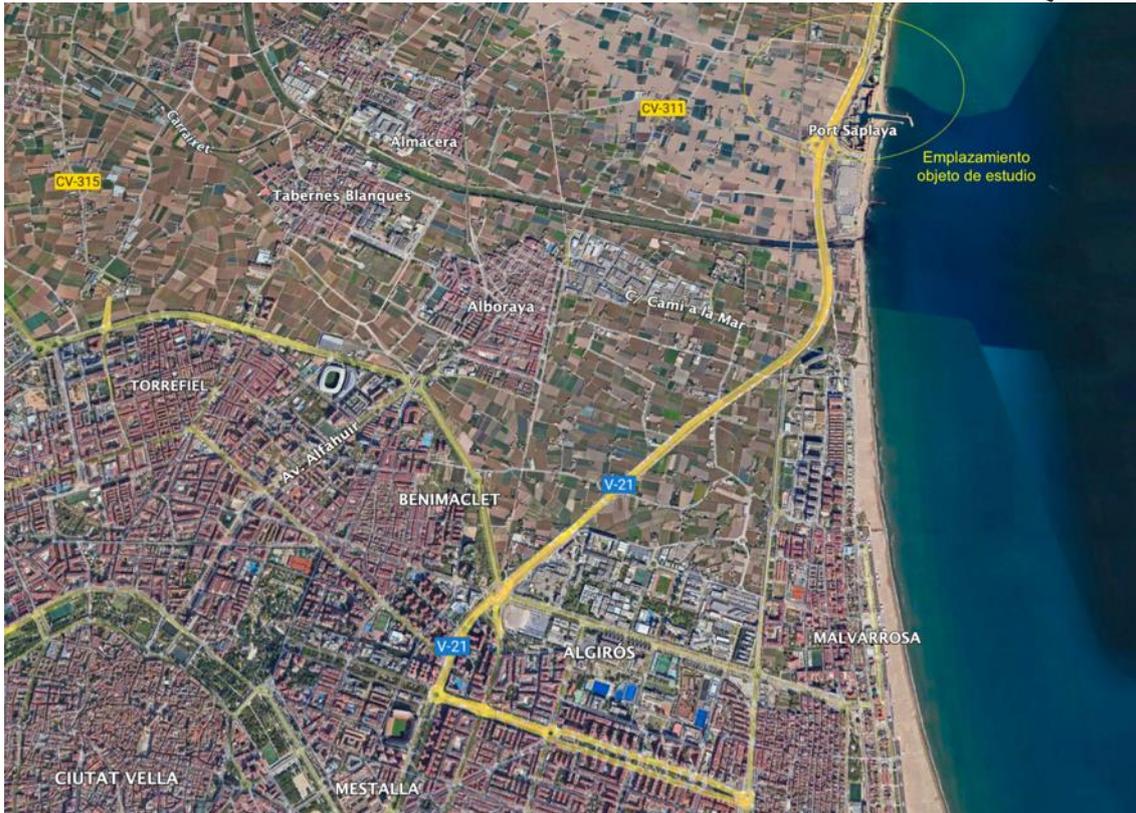


Figura 5, accesos a Port Saplaya desde Valencia y Alboraya (fuente: Google Earth).

#### 4. Antecedentes y estado actual

La zona norte de Port Saplaya ha presentado problemas de erosión, cuya progresión se puede ver a través de los últimos 20 años en comparación con las playas de Pobla de Farnals que ha mantenido un ancho de costa aceptable, en parte, gracias a los espigones que se han construido que han ayudado a rigidizar dicho tramo de costa y en comparación, con las playas de Garrofera que ha recuperado cerca de 70m de ancho de costa, debido al proyecto de regeneración llevado cabo en 2023.

En 2020, los vecinos de Port Saplaya ya notificaban a través de medios locales que se producía una pérdida de arena que estaba haciendo retroceder la línea de costa por lo que reclamaban la construcción de un espigón, el cual ha resultado medianamente efectivo para la Playa de Meliana (LAS PROVINCIAS, 2020).

La costa norte de Port Saplaya tenía un ancho de aproximadamente de 60m en su límite norte en el año 2001, sin embargo, hoy en día en 2024 el ancho de la costa en ese mismo punto (que ahora es el más erosionado) se ha visto reducido hasta quedar en 20m.



Figura 6, costa norte de Port Saplaya año 2001 (fuente: Google Earth):



Figura 7, costa norte de Port Saplaya año 2024 (fuente: Google Earth).



Como se puede apreciar la erosión ha avanzado considerablemente en poco más de 20 años a tal punto que ha cambiado el trazado recto de la acequia de San Vicent ubicada al norte y que sirve de límite con la Playa de Meliana, este retroceso que se ha producido a pesar de la aportación de 7.712, 60 T de arena procedentes de préstamos (MITECO, 2018) . Cabe destacar que estas aportaciones de arena no han sido solo llevadas a cabo en Port Saplaya, sino que han sido a lo largo de todo el litoral valenciano en un buen número de playas entre Cullera, Piles, Tavernes de Valldigna y Sagunto.

A continuación, se expondrán imágenes de las playas de Meliana y La Malvarrosa, para poner en comparativa la regresión de la línea de costa del norte de Port Saplaya.



*Figura 8, playa de Meliana año 2001 (fuente: Google Earth)*



Figura 9, playa de Meliana año 2024 (fuente: Google Earth).

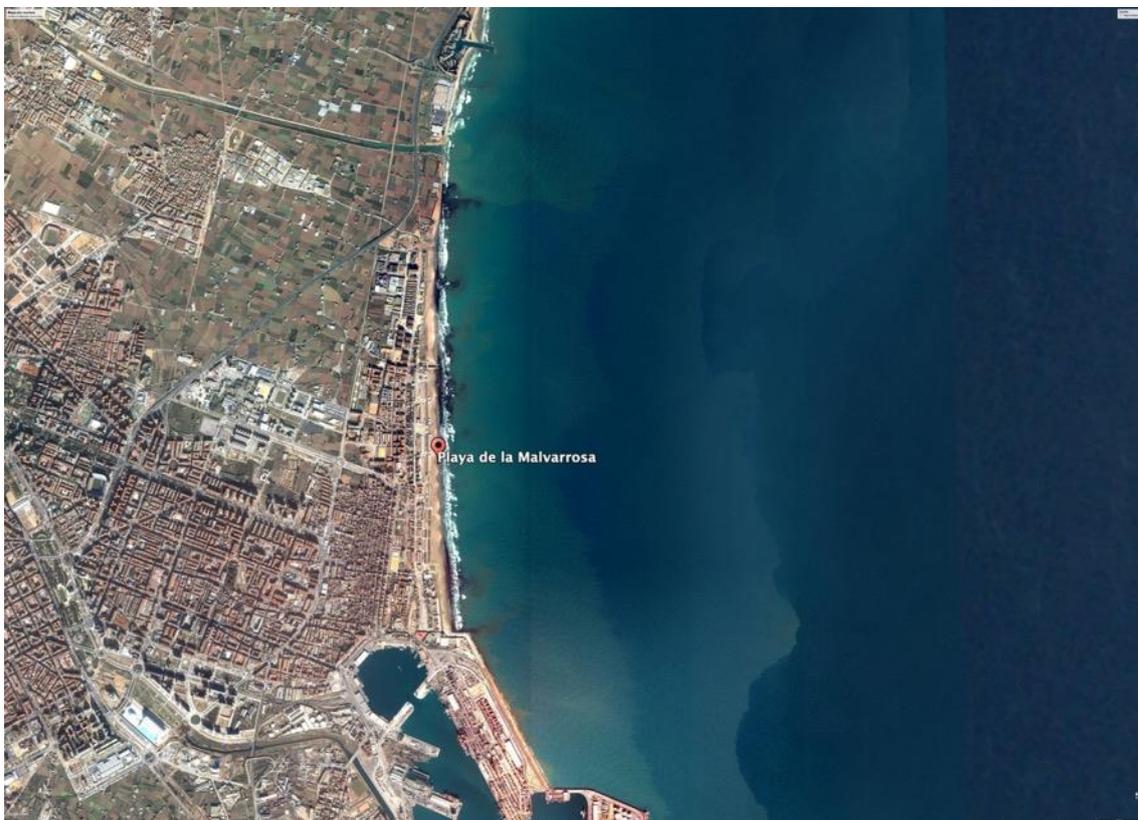


Figura 10. Playa de la Malvarrosa año 2001(fuente: Google Earth).



Figura 11. Playa de la Malvarrosa año 2024(fuente: Google Earth).

Luego, también es importante mencionar las inundaciones más importantes que ha sufrido el emplazamiento objeto de estudio históricamente.

- Inundación de 1957: la precipitación mensual recogida por el Observatorio Meteorológico de Valencia fue de 309,9 litros por metro cuadrado, cuya afectación al municipio de Alboraya se dio por el desbordamiento en simultáneo del Barranco del Carraixet y la acequia del Palmaret.
- Inundación de 1990: que perjudicó el Barranco del Carraixet, produciendo daños en la cuenca Alta del cauce, desbordando el Barranco a su paso por el tramo de la carretera V-21 y la vía férrea Valencia-Barcelona.
- Inundación 2002: siendo consecuencia de una avenida de afectación a la denominada Rambla del Palmar, afecto a la zona Sur-Este del casco urbano.
- Inundación de 2007: en ese entonces se produjo una pluviometría excesiva, la cual agravó sus efectos debido a un fallo en el sistema de bombeo de colectores, el cual produjo un retorno.



## 5. Estudios previos

### 5.1 Batimetría

La batimetría nos permitirá conocer los datos topográficos del lugar y que estos sirvan de base para los posteriores cálculos a realizar en cuanto a propagación de oleaje. Dicho de otra manera, la batimetría nos dará datos de las distintas profundidades con las que se trabajará y que se encuentran en el emplazamiento que se pretende estudiar, para determinar la batimetría de la costa se ha hecho uso de la aplicación Navionics la cual proporciona datos detallados y fiables de la batimetría de toda la zona, así como también, del balizamiento que hay en el puerto deportivo del lugar de estudio.

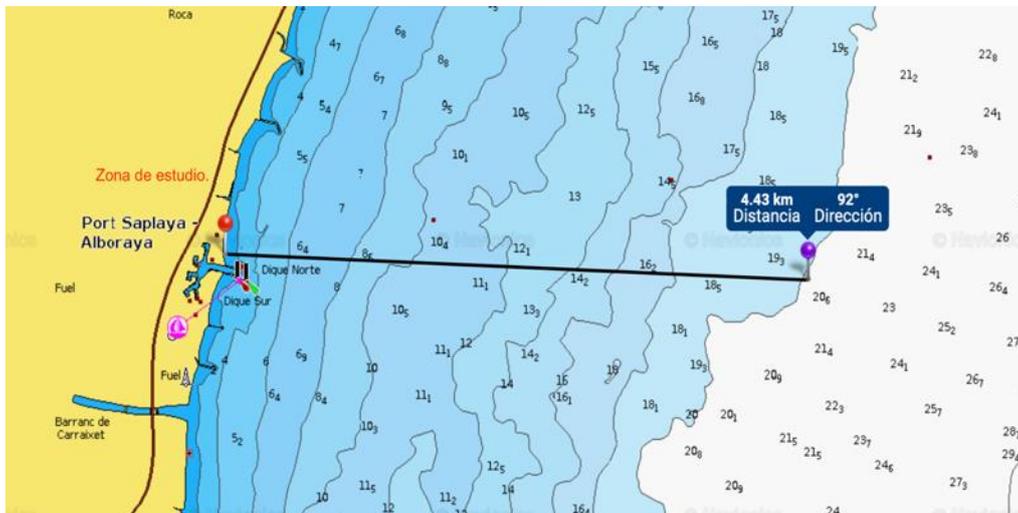


Figura 12. Batimetría de la zona de estudio (fuente: Navionics).

Como se puede observar en la **Figura 12**, la **profundidad de estudio con la que trabajaremos será la profundidad a pie de dique que es de 4,5m.**



Figura 13. Batimetría a pie de dique (fuente: Navionics).

## 5.2 Orografía

El relieve del municipio de Alboraya, (municipio del emplazamiento objeto de estudio) es fundamentalmente llano sin particularidad orográficas de mucha importancia, con una cota media sobre el nivel del mar de 8 metros que puede aumentar a los 9,4 metros en su máxima expresión en el límite del término con la Ciudad de Valencia en la Av. de la Horchata y se registra la mínima cota, en el casco urbano en la concretamente en la conexión de la Calle Colón con calle del Mar con exactamente 5,43 msnm.

Aunque se denomine el punto anterior en concreto como el de menor cota se considerarán algunos puntos diseminados como en la Partida del Milagro con 3 msnm, por otro lado, en cuanto a los barrancos destacaríamos el barranco del Carraixet que se extiende desde el límite de las localidades de Almàssera y Tavernes Blanques, llegando hasta la costa pasando por la carretera V-21 en dirección a Barcelona, también por la CV-311 y la Vía Férrea Valencia-Barcelona.

En cuanto al relieve litoral que corresponde mayoritariamente a Port Saplaya, podemos deducir que es un territorio llano, sin existencias de dunas y de aproximadamente 6 kilómetro de extensión, cabe destacar la existencia de una bahía artificial en período de erosión. En cuanto cauces fluviales, por su capacidad de caudal valdría la pena mencionar las acequias del Mar, Palmaret y Vera como las más importantes.

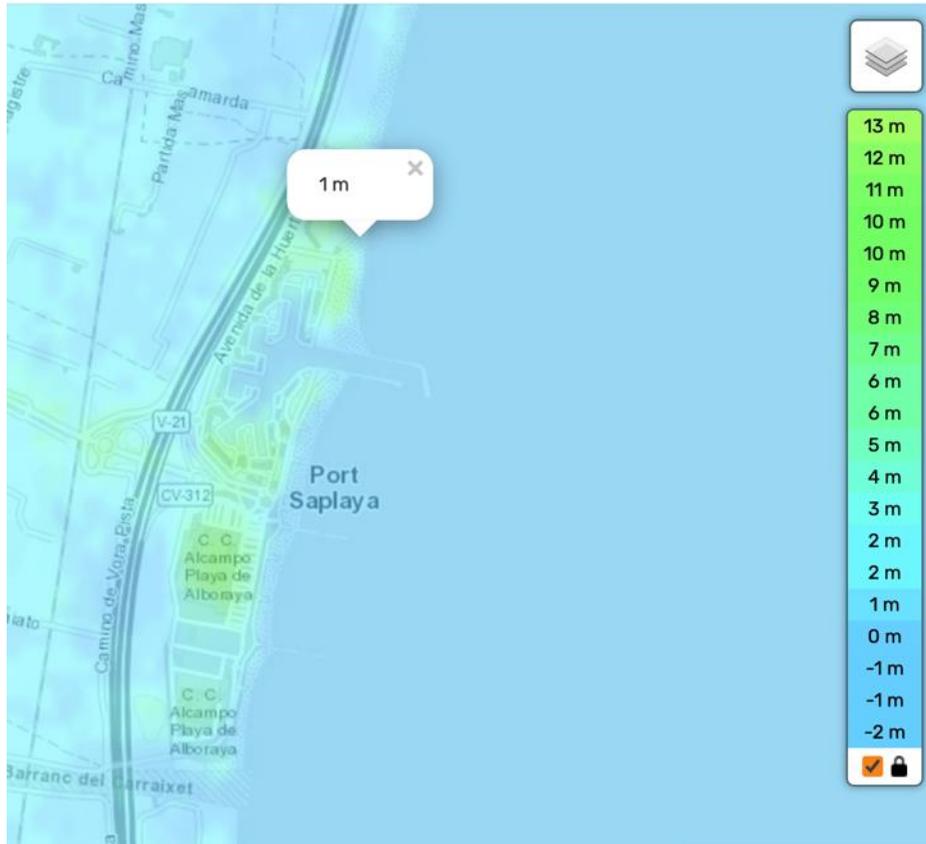


Figura 14. Altitud en la zona de estudio (topographic-map.com).

### 5.3 Geología y geotecnia

Para la caracterización del terreno no se recurrirá a un estudio geotécnico, aunque sea obligatorio puesto que no se disponen de los medios necesarios para materializarlo, pero para efectos académicos se hará la descripción del terreno del emplazamiento con los mapas geológicos del IGME (**ver plano de Geología municipal**), así como también una breve caracterización geológica del fondo marino aledaño a la costa (**Anejo 3. Geología y geotecnia**).

Mayoritariamente el terreno de la Comunidad Valenciana (**ver plano de Geología regional**) está compuesto de depósitos cuaternarios, que son depósitos acumulados en el Cenozoico y se componen principalmente de acumulaciones de clastos y bloques de distintas dimensiones, estos a su vez están principalmente conformados por calizas.

Cabe destacar que estos depósitos cuaternarios también incluyen sedimentos **como arenas, limos, gravas y arcillas**, pero también depósitos aluviales y glaciares. En cuanto a la caracterización del fondo marino cercano a nuestro tramo de costa, se constituye básicamente de terrenos no consolidados muy finos y medio-gruesos, así como una zona de vegetación como se puede ver en la **Figura 42** recogido del Plan de Ecocartografía del litoral español.



## 5.4 Clima marítimo

El clima marítimo de València (por lo tanto, también de Port Saplaya), lo caracterizaremos más pormenorizadamente con la ayuda del punto SIMAR, que son una cadena de datos de oleaje con los que cuenta Puertos del Estado, que realizan modelizaciones de atmósfera y oleaje que abarcan todo el litoral de España. Cabe señalar que los datos proporcionados por los Nodos SIMAR, son interactivos por lo que hay desde tablas y gráficos hasta informes estadísticos.



Figura 15. Distribución espacial de los Nodos SIMAR a lo largo de la península.

Luego se hará uso de la rosa de vientos para conocer las principales direcciones de oleaje y la intensidad con la que llegan al emplazamiento, otro de los datos importantes a extraer del respectivo Nodo SIMAR será el régimen de viento de la zona, el cual nos dará una gráfica la cual relacionara la velocidad media del viento con la respectiva probabilidad de no excedencia, todo esto desde los informes estadísticos que proporciona el nodo ,evidentemente , se tomará el Nodo SIMAR más cerca a nuestra zona de estudio, para así obtener los datos más fiables en la medida de lo posible del régimen viento que afecta a nuestro emplazamiento.

### 5.4.1 Régimen de viento

En cuanto al régimen de viento predominantes en esta **zona suelen ser vientos de Levante, Oeste y Noreste**, sin una incidencia excesiva dado que la orografía del término municipal es bastante llana. A continuación, se mostrará en la Figura 14, la rosa de vientos anual para hacer ver de mejor manera de dónde vienen los vientos predominantes en nuestra costa objeto de estudio.



ROSA DE VELOCIDAD MEDIA

LUGAR : SIMAR 2081114

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 1.0

PERIODO : Anual

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Abr. 2024

PORCENTAJE DE CALMAS : 9.60 %

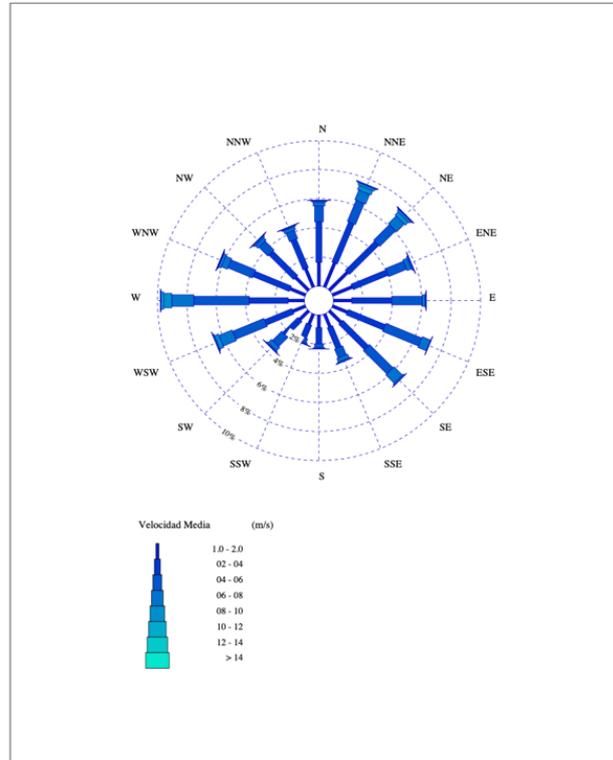


Figura 16. Rosa de vientos anual en la zona de estudio.

#### 5.4.2 Nivel del mar

Para la caracterización del nivel del mar se tomarán los datos proporcionados por el informe del mareógrafo de Sagunto, dicho mareógrafo **recoge información entre los años 2007 a 2017**, concretamente de nivel de marea meteorológica y astronómica. Por otra parte, también proporciona los niveles máximos y mínimos de marea observado junto con el nivel medio del mar.

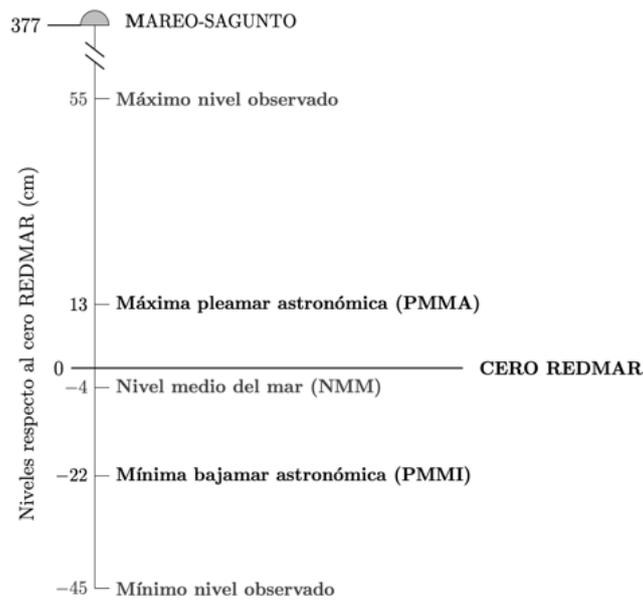


Figura 17. Niveles de mareas del mareógrafo de Sagunto.

Como se puede apreciar en la ilustración anterior, **la máxima pleamar se sitúa en 0,55m y la mínima bajamar en 0,45m**, lo que nos deja una carrera de marea de 1m a la que sumaremos los 4,5m de la profundidad de estudio (**Anejo 4. Batimetría**), lo que nos daría una profundidad de 5,5m, luego, observamos que **nivel de marea astronómica es de 13 cm y el nivel de marea meteorológica de 42 cm**, por lo que a estos datos junto con los distintos escenarios de subidas del nivel del mar del IPCC (**Anejo 7. Cambio climático**), se le sumarán a **la profundidad de estudio calculada hasta ahora de 5,5m** cuyo cálculo aparece en la **Tabla 13, profundidades de propagación de oleaje (fuente: elaboración propia)**

### 5.4.3 Oleaje

Para describir de manera correcta el oleaje se utilizarán los regímenes medios y extremales.

#### Régimen medio

Como sabemos el régimen medio tiene la función de demostrar el conjunto de olas las cuales son más probables que lleguen a nuestra costa, en un determinado espacio de tiempo en nuestro caso de la zona norte de Port Saplaya, especificando la altura significativa de ola y la dirección que llevan estas mismas. A continuación, las siguientes ilustraciones mostrarán tanto la rosa de oleaje para conocer la dirección predominante del oleaje, como las gráficas de distribución de mareas.



LUGAR : Boya de Valencia  
CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia  
INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PERIODO : Anual  
SERIE ANALIZADA : Sep. 2005 - Feb. 2023  
PORCENTAJE DE CALMAS : 2.17 %

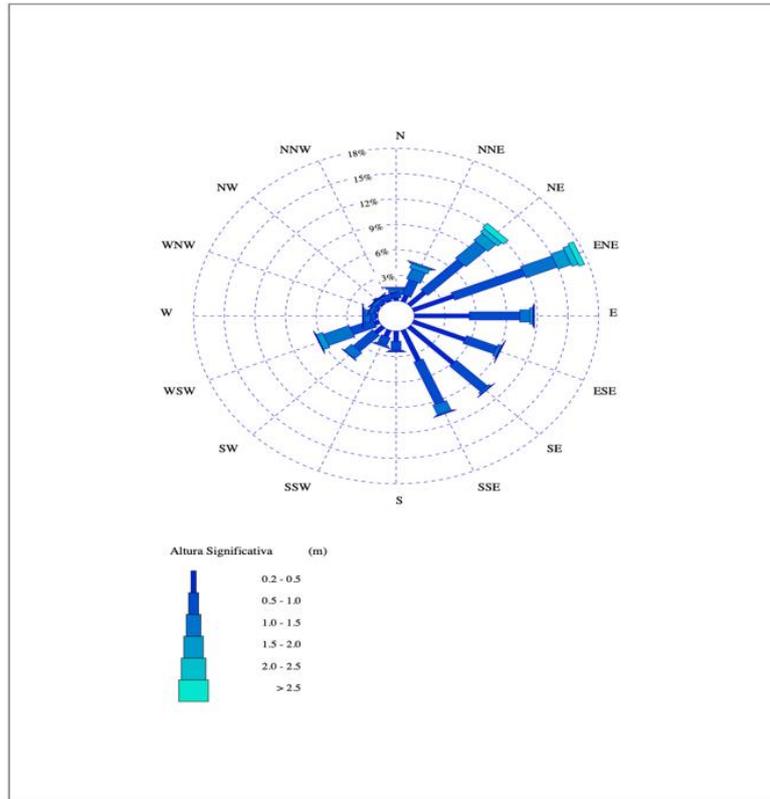


Figura 18. Rosa de oleaje en RM anual



LUGAR : Boya de Valencia  
CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

PERIODO : Anual  
SERIE ANALIZADA : Sep. 2005 - Feb. 2023

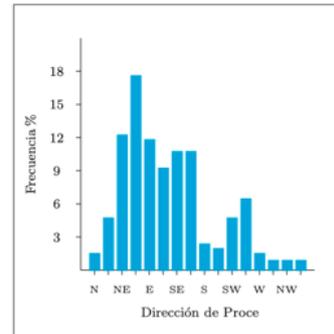
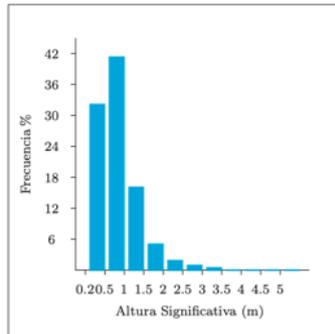


Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Hs (m)											Total		
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0		> 5.0	
CALMAS	2.170												2.170	
N	0.0	.323	.559	.431	.192	.045	.016	.002	-	-	-	-	1.568	
NNE	22.5	.758	1.886	1.306	.535	.131	.061	.016	.002	.002	-	-	4.697	
NE	45.0	2.093	5.037	2.788	1.137	.553	.293	.187	.092	.025	.014	.045	12.265	
ENE	67.5	4.212	7.442	3.309	1.387	.634	.284	.169	.074	.023	.009	.007	17.550	
E	90.0	5.351	4.938	.981	.284	.106	.029	.023	.007	-	-	-	11.719	
ESE	112.5	5.461	3.246	.386	.070	.011	.009	.002	.002	-	-	-	9.188	
SE	135.0	6.061	4.286	.259	.034	.007	-	-	-	-	-	-	10.647	
SSE	157.5	3.889	5.421	1.236	.122	.007	-	-	-	-	-	-	10.674	
S	180.0	1.191	1.062	.158	.016	-	-	-	-	-	-	-	2.427	
SSW	202.5	.796	1.006	.176	.029	-	-	-	-	-	-	-	2.008	
SW	225.0	.986	2.664	1.004	.065	-	-	-	-	-	-	-	4.719	
WSW	247.5	.453	2.432	2.716	.668	.079	.009	.002	-	-	-	-	6.359	
W	270.0	.153	.582	.546	.149	.032	.005	-	-	-	-	-	1.466	
WNW	292.5	.129	.302	.311	.113	.011	-	-	-	-	-	-	.866	
NW	315.0	.111	.316	.318	.111	.009	-	-	-	-	-	-	.864	
NNW	337.5	.153	.318	.219	.102	.011	.002	.007	-	-	-	-	.812	
<b>Total</b>		2.170	32.120	41.498	16.145	5.012	1.635	.708	.408	.178	.050	.023	.052	100 %

Figura 19. Gráfica de mareas en RM anual.



### Régimen Extremal.

Con el régimen extremal nos ayudaremos para recoger datos del oleaje cuya intensidad tiene poca probabilidad de ocurrencia, lo cual nos valdrá para que las posibles estructuras de defensa contempladas en nuestro estudio de soluciones se queden del lado de la seguridad.

LUGAR : Valencia

PERIODO : Global

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Sep. 2005 - Feb. 2023

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 0.79 %

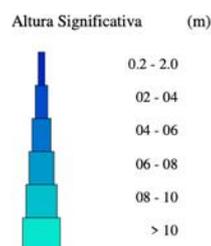
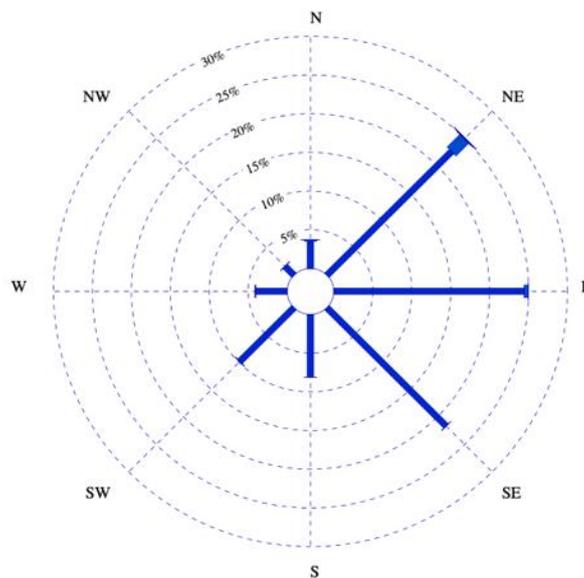


Ilustración 19. Rosa oleaje en RE

Una de las razones por la cuales la rosa oleaje cobra importancia en este estudio es que nos brinda información acerca de las direcciones predominantes de donde viene el oleaje que incide en nuestra costa, gracias a esto podemos incluir un factor de direccionalidad para la propagación de oleaje y de esta manera caracterizar más correctamente nuestro oleaje.



En el régimen extremal escalar, atendiendo al oleaje global que llega a la costa, la gráfica de mareas se muestra en la siguiente ilustración, donde como vemos que inicialmente sigue de manera más o menos correcta la distribución de Weibull ajustada, a partir de una probabilidad de excedencia anual de 0,4 vemos que se disocia un poco de la distribución.

LUGAR : Valencia  
PARÁMETRO : Altura Significante SERIE ANALIZADA : Sep. 2005 - Feb. 2023  
PROFUNDIDAD : 230.0

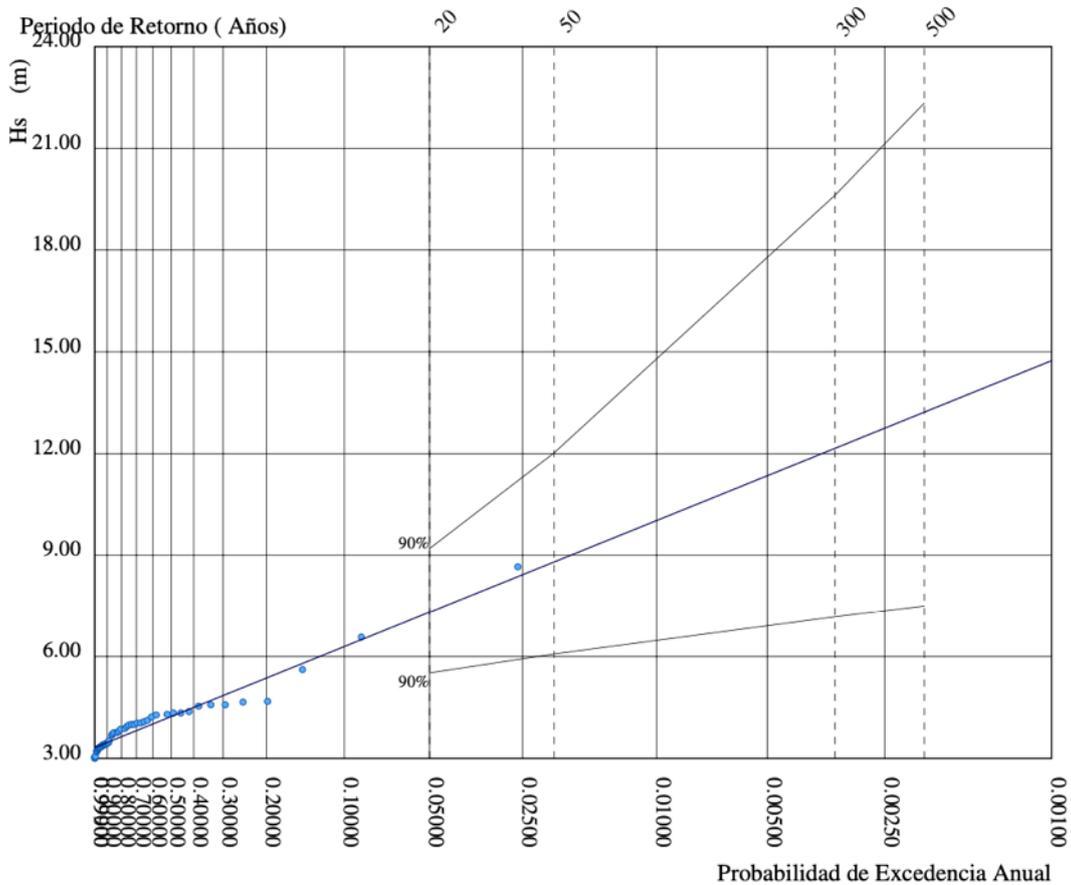


Figura 20, gráfica del período de probabilidad de excedencia anual y Hs en RE (fuente: Puertos del Estado)



Con esta información de régimen extremal escalar y direccional se llevarán a cabo los cálculos en el **Anejo 8. Propagación de oleaje** para las posibles estructuras de defensa que se pueden plantear en el estudio de soluciones, así como también los cálculos de altura significativa de oleaje teniendo en cuenta el factor direccional, siguiendo el procedimiento de la ROM 0.3-91. Cabe destacar que el oleaje se corresponde al oleaje registrado en aguas profundas.

Cabe mencionar que además de estas direcciones se tomarán en cuenta las direcciones predominantes que proponen también la ROM 0.3-91 para la región de Valencia y Alicante que mostrarán más adelante.

## 5.5 Cambio climático

Este apartado comprende los cambios a largo plazo de los patrones climáticos incremento del nivel del mar, ya que además de estar estrechamente relacionado con nuestro estudio, es uno de los peligros más latentes para las poblaciones costeras, con lo que se expondrá la vulnerabilidad y los impactos que el cambio climático depara para el futuro

Para desarrollar un poco más este apartado, tomaremos como referencia los distintos artículos y evaluaciones hechas por el Panel Internacional sobre el Cambio Climático (por sus siglas en inglés IPCC), en los cuales se abordan estas problemáticas de especial interés para el estudio que nos ocupa.

### 5.5.1 Incremento del nivel del mar

Debido a la serie histórica queda fuera del periodo de estudio en donde se plantearían dichas soluciones. **Cabe destacar que a falta de los datos de incremento del nivel el mar en el mediterráneo, se tomarán los datos globales**, se procederá a recoger datos del IPCC que muestran posibles escenarios a medio y largo plazo donde dependen de la emisión de gases contaminantes. Para la costa mediterránea se predicen los siguientes:

	Escenario	2046–2065		2081–2100	
		Media	Rango probable <sup>c</sup>	Media	Rango probable <sup>d</sup>
Cambio en la temperatura media global del aire en superficie (en °C) <sup>a</sup>	RCP2,6	1,0	0,4 a 1,6	1,0	0,3 a 1,7
	RCP4,5	1,4	0,9 a 2,0	1,8	1,1 a 2,6
	RCP6,0	1,3	0,8 a 1,8	2,2	1,4 a 3,1
	RCP8,5	2,0	1,4 a 2,6	3,7	2,6 a 4,8
	Escenario	Media	Rango probable <sup>c</sup>	Media	Rango probable <sup>d</sup>
Elevación media mundial del nivel del mar (en metros) <sup>b</sup>	RCP2,6	0,24	0,17 a 0,32	0,40	0,26 a 0,55
	RCP4,5	0,26	0,19 a 0,33	0,47	0,32 a 0,63
	RCP6,0	0,25	0,18 a 0,32	0,48	0,33 a 0,63
	RCP8,5	0,30	0,22 a 0,38	0,63	0,45 a 0,82

Figura 21, escenarios de incrementos del NM (fuente: IPCC).

### 5.5.2 Calentamiento Global

Para abordar este apartado IPCC ha redactado un informe en el cual establece, cuáles pueden ser los impactos de un calentamiento global de 1,5°C por encima de la época previa a la industrialización y la correlación que hay con las



emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial, dicho informe recoge evaluaciones científicas, técnicas y socioeconómicas que sirven de referencia para dimensionar dicho calentamiento global.

Las actividades humanas han desatado de manera taxativa el calentamiento global, esto debido a las emisiones de gases de efecto invernadero que han ido incrementando la temperatura de manera desproporcionalmente aumentando la temperatura en 1,1°C en relación con los años 1850-1900, estas acciones humanas que han desencadenado el calentamiento global a su vez dan rienda suelta a una serie de efectos negativos añadidos.

### 5.5.3 Afecciones al clima marítimo

Como se mencionó en el anterior apartado, una de las principales consecuencias será el aumento del nivel del mar, dicho fenómeno es especialmente delicado ya que se estima una gran cantidad de personas vulnerables a estos incrementos del nivel del mar como, por ejemplo, nuestra zona de estudio (Port Saplaya) que si bien tiene mucho tránsito turísticos, también hay un número considerable de personas que tienen su primera residencia ahí.

#### a) Increase in the population exposed to sea level rise from 2020 to 2040

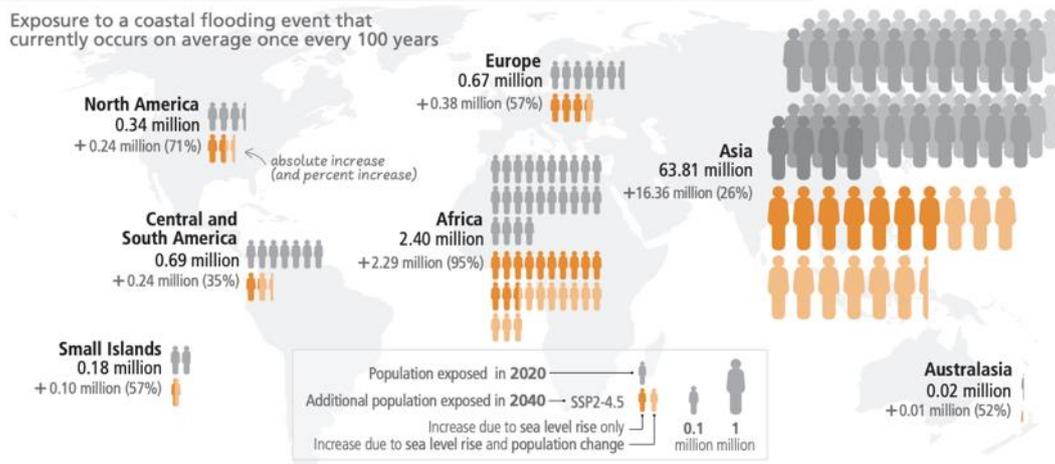


Figura 22. Población vulnerable debido a los incrementos del nivel del mar (fuente: IPCC).

Otra de las consecuencias que pueden venir en cadena debido a este incremento de gases de efecto invernadero son los aumentos de los riesgos climáticos, ya que se espera un aumento tanto de frecuencia en intensidad de las precipitaciones intensas, que conllevará a un aumento de las inundaciones locales generadas por las lluvias.

Siguiendo la línea del incremento de las precipitaciones, según IPCC el cambio climático traerá consigo además de una intensificación de las precipitaciones, una intensificación de los ciclones tropicales acentuando de esta manera los perjuicios que esto pueden producir en tierra, que lógicamente se traducirían en mareas más peligrosas que provocarían erosiones más frecuentes y severas en las costas.



Otra de las afecciones que produce el cambio climático a las costas es el aumento de las temperaturas, sin irnos más lejos el verano del 2023 en las costas de la Patacona la temperatura del agua supero por poco los 29 grados, esta ha sido la temperatura más alta desde que se tiene registro en las costas valencianas, estas subidas anormales de temperatura pueden ser muy perniciosas para la sobrevivencia de los arrecifes de corales ya que pueden desencadenar un proceso de decoloración que a su vez provoca que los arrecifes pierdan sus algas microscópicas necesarias para que estos vivan (ONU, 2021)

Al final la erosión, el aumento del nivel y temperaturas medias del agua se presentan como las problemáticas principales en todo el litoral Valenciano, el IPCC pronostica una subida del nivel del mar de 28- 58 cm en el mejor de los casos, si se bajan de manera drástica las emisiones de gases de efecto invernadero y de hasta 1m si estos gases siguen aumentado sin ninguna reducción significativa.

Para dimensionar lo vulnerable que es nuestra zona de estudio ante estos efectos, **nos ayudaremos del visor GVA** que es un simulador que demuestra qué zonas se verían más afectadas por estas crecidas.



Figura 23. Escenario de inundación (fuente: visor GVA-IPCC).

Como se puede apreciar en la ilustración anterior, observamos que prácticamente todo el litoral de Port Saplaya se vería vulnerable ante los escenarios de inundación que plantea el IPCC para el año 2100, teniendo en cuenta que este es el escenario 1 y, por lo tanto, contempla las consecuencias más laxas.

## 5.6 Propagación del oleaje



Una vez obtenidos los datos históricos referentes a los incrementos del nivel del mar sacados del IPCC y las profundidades con las que se hará la propagación de oleaje (**ver Anejo 8. Propagación de oleaje en la Tabla 13**), más los datos de mareas máximas y mínimas con la ayuda de los mareógrafos junto con los datos de régimen extremal escalar sacados de los informes de la boya de Valencia en este caso, se procederá a calcular la altura de ola que se espera que llegue a nuestras costas para posteriormente con dichas alturas de ola proyectar nuestras posibles estructuras de defensa.

Para empezar, se deberá comprobar que la boya de donde se toman los datos para propagar el oleaje esté en aguas profundas, debido a que para realizar los datos que siguen debemos cerciorarnos de que los datos de inicio correspondan a aguas profundas y de esta manera seguir cierto procedimiento de cálculo.

Para saber si nuestra boya se encuentra en aguas profundas el cociente entre la profundidad de la boya (d) y la longitud del oleaje (L) deberá ser mayor a 0,5, **según la ROM 2.0-08**:

$$\frac{d}{L} > 0.5$$

*Figura 24. Condición de aguas profundas.*

Luego, se determinará la altura de ola significativa y el período pico en régimen extremal escalar tomando como referencia las relaciones que proporciona la boya:

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

$$T_p = 4.30 H_s^{0.48}$$

*Figura 25. Expresión de cálculo para régimen extremal escalar proporcionado por la boya de Valencia.*

Una vez obtenida la expresión **se deberá establecer un período de retorno** el cual se fijará en función de la vida útil del emplazamiento en donde se pretende actuar, que en **este caso corresponde a un área litoral y lo que se pretende hace es una regeneración y defensa de playas**, por lo que **según la ROM 0.1-09 la vida útil mínima debe ser de 15 años**, como se puede observar en el siguiente cuadro extraído de las recomendaciones antes mencionadas:



TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA		ÍNDICE IRE <sup>7</sup>		VIDA ÚTIL MÍNIMA (V <sub>m</sub> ) <sup>7</sup> (años)	
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Puertos abiertos a todo tipo de tráficos	r <sub>3</sub>	Alto	50
		Puertos para tráficos especializados	r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>1</sup>	Medio (alto) <sup>1</sup>	25 (50) <sup>1</sup>
	PUERTO PESQUERO		r <sub>2</sub>	Medio	25
	PUERTO NÁUTICO-DEPORTIVO		r <sub>2</sub>	Medio	25
	INDUSTRIAL		r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>1</sup>	Medio (alto) <sup>1</sup>	25 (50) <sup>1</sup>
	MILITAR		r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>2</sup>	Medio (alto) <sup>2</sup>	25 (50) <sup>2</sup>
	PROTECCIÓN DE RELLENOS O DE MÁRGENES		r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>3</sup>	Medio (alto) <sup>3</sup>	25 (50) <sup>3</sup>
	ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES <sup>4</sup>		r <sub>3</sub>	Alto
PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO		r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>5</sup>	Medio (alto) <sup>5</sup>	25 (50) <sup>5</sup>	
PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES		r <sub>1</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>6</sup>	Bajo (alto) <sup>5</sup>	15 (50) <sup>7</sup>	
REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS		r <sub>1</sub>	Bajo	15	

Ilustración 22. Vida útil para distintos emplazamientos según ROM 0.1-09.

Por lo que aplicando las fórmulas de período de retorno en años (Tr) en la ROM 0.1-09, obtenemos un Tr= 75 años. Una vez establecidos tanto el período de retorno utilizando la gráfica de la **Figura 20** como **la altura significativa de ola en régimen escalar (H<sub>s</sub>=9,14m)**, pasamos a determinar los demás datos de partida:

Tabla 1. Datos de partida para el cálculo de RE escalar.

H <sub>s</sub> (m)	9,14
T <sub>p</sub> (s)	12,44
L(m)	241,42
d(m)	230
d/L	0,953 > 0,5

### 5.6.1 Régimen extremal escalar

Como se puede ver en la Tabla 1 nuestro oleaje cumple con la condición de aguas profundas por lo que el cálculo detallado se muestra en el Anejo 8.1 Régimen extremal en aguas profundas y distribución direccional, el cálculo se detalla en la **Tabla 16**:

Tabla 2. Cálculo de altura de ola significativa según las direcciones predominantes.

Dir.Oleaje	H <sub>s</sub> RE escalar	T <sub>p</sub> (s)	L <sub>0</sub> (m)	h(m)	L(m)	Tecta0(°)	Tecta0(rad)	Tecta1(°)	Tecta1(rad)	Kr	Kalfa	H <sub>s</sub> 0(m)
NE	9,14	12,44	241,51	5,5	241,42	84	1,466	83,801	1,463	0,984	1	9,290
ENE	9,14	12,44	241,51	5,5	241,42	61,5	1,073	61,461	1,073	0,999	1	9,146
E	9,14	12,44	241,51	5,5	241,42	39	0,681	38,983	0,680	1,000	0,9	8,227
ESE	9,14	12,44	241,51	5,5	241,42	16,5	0,288	16,494	0,288	1,000	0,8	7,312
SE	9,14	12,44	241,51	5,5	241,42	6	0,105	5,998	0,105	1,000	0,7	6,398



Luego, cada parámetro del cálculo de la altura de ola asociada a una dirección está especificado en la **Tabla 17** en el **Anejo 8.1 Régimen extremal en aguas profundas y distribución direccional**. Tal y como se aprecia, las direcciones consideradas son las predominantes de los oleajes que llegan a nuestro emplazamiento, estas direcciones se han tomado de la **Figura 68** de las direcciones proporcionadas por la ROM 0.3-91.

### 5.6.2 Régimen extremal direccional

Por otro lado, una vez teniendo la altura de ola significativa asociadas a cada dirección predominante de oleaje, se procede con estos datos a calcular nuestra ola de diseño, como veremos en las siguientes tablas:

Tabla 3. Propagación de oleaje para escenario RCP 2,6.

Régimen extremal	NM+SSP1-2,6(m)	1,1					
NE	Hs(m)	9,290	h(m)	6,6	Ksh	0,71	ROMPE
	Tp(s)	12,24	L(m)	233,72	H	6,44	
	L0(m)	233,86	Tecta0(°)	84	Hrot	3,63	
E	Hs(m)	8,227	h(m)	6,6	Ksh	0,72	ROMPE
	Tp(s)	9,92	L(m)	153,51	H	5,88	
	L0(m)	153,73	Tecta0(°)	61,5	Hrot	3,63	
ENE	Hs,0(m)	9,146	h(m)	6,6	Ksh	0,72	ROMPE
	Tp(s)	10,22	L(m)	162,94	H	6,54	
	L0(m)	163,12	Tecta0(°)	39	Hrot	3,63	
ESE	Hs,0(m)	7,3121	h(m)	6,6	Ksh	0,717	ROMPE
	Tp(s)	9,60	L(m)	143,77	H	5,24	
	L0(m)	143,91	Tecta0(°)	16,5	Hrot	3,63	
SE	Hs,0(m)	6,398	h(m)	6,6	Ksh	0,718	ROMPE
	Tp(s)	9,25	L(m)	133,48	H	4,60	
	L0(m)	133,54	Tecta0(°)	6	Hrot	3,63	

Tabla 4. Propagación de oleaje para escenario RCP 6,0.

Régimen extremal	NM+SSP3-6,0(m)	1,18					
NE	Hs(m)	9,290	h(m)	6,68	Ksh	0,71	ROMPE
	Tp(s)	12,24	L(m)	233,72	H	6,44	
	L0(m)	233,86	Tecta0(°)	84	Hrot	3,67	
E	Hs(m)	8,227	h(m)	6,68	Ksh	0,72	ROMPE
	Tp(s)	9,92	L(m)	153,51	H	5,88	
	L0(m)	153,73	Tecta0(°)	61,5	Hrot	3,67	
ENE	Hs,0(m)	9,146	h(m)	6,68	Ksh	0,72	ROMPE
	Tp(s)	10,22	L(m)	162,94	H	6,54	
	L0(m)	163,12	Tecta0(°)	39	Hrot	3,67	
ESE	Hs,0(m)	7,3121	h(m)	6,68	Ksh	0,717	ROMPE
	Tp(s)	9,60	L(m)	143,77	H	5,24	
	L0(m)	143,91	Tecta0(°)	16,5	Hrot	3,67	
SE	Hs,0(m)	6,398	h(m)	6,68	Ksh	0,719	ROMPE
	Tp(s)	9,25	L(m)	133,48	H	4,60	
	L0(m)	133,54	Tecta0(°)	6	Hrot	3,67	

Tabla 5. Propagación de oleaje para escenario RCP 8,5.

Régimen extremal	NM+SSP4-8,5(m)	1,37					
NE	Hs(m)	9,290	h(m)	6,87	Ksh	0,71	ROMPE
	Tp(s)	12,24	L(m)	233,72	H	6,44	
	L0(m)	233,86	Tecta0(°)	84	Hrot	3,78	
E	Hs(m)	8,227	h(m)	6,87	Ksh	0,72	ROMPE
	Tp(s)	9,92	L(m)	153,51	H	5,88	
	L0(m)	153,73	Tecta0(°)	61,5	Hrot	3,78	
ENE	Hs,0(m)	9,146	h(m)	6,87	Ksh	0,72	ROMPE
	Tp(s)	10,22	L(m)	162,94	H	6,5427	
	L0(m)	163,12	Tecta0(°)	39	Hrot	3,7785	
ESE	Hs,0(m)	7,3121	h(m)	6,87	Ksh	0,718	ROMPE
	Tp(s)	9,60	L(m)	143,77	H	5,25	
	L0(m)	143,91	Tecta0(°)	16,5	Hrot	3,7785	
SE	Hs,0(m)	6,398	h(m)	6,87	Ksh	0,719	ROMPE
	Tp(s)	9,25	L(m)	133,48	H	4,60	
	L0(m)	133,54	Tecta0(°)	6	Hrot	3,7785	

Las tablas detalladas con los demás parámetros se abordan en la **Tabla 18**. Viendo las tablas anteriores observamos que en todos los escenarios los oleajes rompen y varían muy poco entre las distintas direcciones de cada escenario, por lo que de todos los calculados **se tomará como oleaje de diseño H= 6,54m** correspondiente a la dirección ENE.

## 6. Transporte de sedimentos

Para el cálculo de sedimentos se procederá primeramente a **calcular primero el potencial de transporte con los datos de campo**, haciendo uso del **punto de Cornaglia, la altura de ola superada 12h al año y el respectivo período** de dicho oleaje como veremos en la **Ecuación 6**, formulación teórica de Birkemeier de la profundidad de cierre o punto de Cornaglia, dichos valores los cogeremos de páginas de Puertos del Estado en régimen medio puesto que no solo los valores extremales pueden cambiar el transporte de sedimentos en el litoral, también nos auxiliaremos de Google Earth para medir los retrocesos en la línea de costa y la distancia de nuestra costa(d12). Los puntos de análisis para nuestros cálculos se ven en la siguiente ilustración:

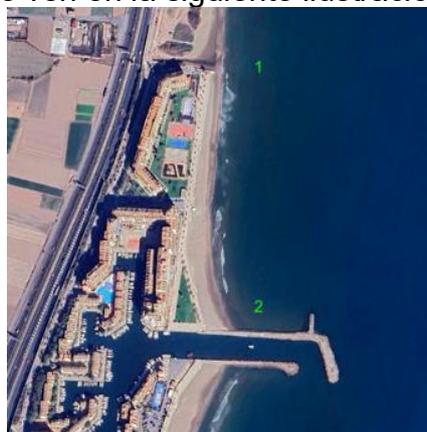


Figura 26. Puntos análisis de transporte de sedimentos (fuente: Google Earth).



Siendo 1 el punto de caudal de entrada justo en el norte de nuestro emplazamiento objeto de estudio, y el punto 2 justo al sur del emplazamiento donde se encuentra el caudal de salida.

Los resultados del cálculo de transporte de sedimentos son los siguientes:

*Tabla 6, cálculos del Punto de Cornaglia.*

P no excedencia	0,99863014
P excedencia	0,00136986
A	0,18
B	0,26
C	0,72
Hs12(m)	2,73110935
Diferencia <sup>2</sup>	9,3075E-22
weibull	0,99863014
Tp(s)	32,0735207
Punto de Cornaglia(m)	4,73660256

*Tabla 7, cálculos del transporte de sedimentos con datos de campo.*

Retroceso de la Línea de orilla(m)	60,65
Carrera de marea(m)	1
Área de acreción (m <sup>2</sup> )	347,92495
Vol(m <sup>3</sup> )	79086,819
Ap1(m <sup>2</sup> )	0
d12(m)	454,62
Años(2001-2024)	23
Q2(m <sup>3</sup> /año)	3438,5574

En la **Tabla 6**, se deduce el **punto de Cornaglia que es la profundidad a partir de la cual ya no hay movimiento de sedimentos en el fondo marino**, dicho dato es importante para el cálculo del caudal de transporte de sedimentos(Q2), los datos de distribución de Weibull (**Figura 76**) junto con los parámetros A, B y C cuyo cálculo se aborda en el **Anejo 9. Transporte de sedimentos**, los retrocesos de la línea de orilla junto con la distancia de la costa de Google Earth la cuales nos ayudan a saber el área de acreción, ósea, donde hay una acumulación de sedimentos, **por último, delimitamos nuestro período de análisis (23 años) y nos arroja un caudal de salida de 3438,6 m<sup>3</sup>/año de transporte de sedimentos**. Con esto pasaremos a calcular el mismo dato con la fórmula del CERC para ello también ocuparemos los datos de oleaje en RM con la particularidad de **que se calibrará el coeficiente geométrico (Kg) y un coeficiente de probabilidad, en tanto por uno, de altura de ola (Kp)** tomados también de Puertos del Estado.



Tabla 8, calibración de la fórmula del CERC y resultado del caudal de salida (Punto 2)

Form. CERC(m <sup>3</sup> /año)	3438,5574		
Poten. Campo(m <sup>3</sup> /año)	3438,5574	Diferencia	2,068E-25

En la tabla 8, podemos ver el resultado del caudal de salida de la costa cuyo cálculo se detalla mejor en la **Tabla 22** teniendo en cuenta las direcciones predominantes, la demás no se tomarán en cuenta debido a que carecería de sentido ya que vendrían de tierra. Una vez calibrado el coeficiente procedemos a calcular el transporte de sedimentos en el punto 1 que se detalla en la **Tabla 24** del **Anejo 9. Transporte de sedimentos**, en cuyo caso se tomarán como referencia los datos en RM del Nodo SIMAR 2081115.

Tabla 9, resultado del caudal de entrada (Punto 1)

Form. CERC (m <sup>3</sup> /año)	3093,101595
----------------------------------	-------------

Como se puede interpretar de los resultados, vemos que **el transporte de sedimentos en el punto 2 es mayor que en el punto 1, de lo cual podemos deducir que nuestro tramo de costa es inestable**, esto también lo podemos ver en el perfil de playa que tenemos ya que posee una forma más apoyada como se puede comparar en las siguientes ilustraciones:

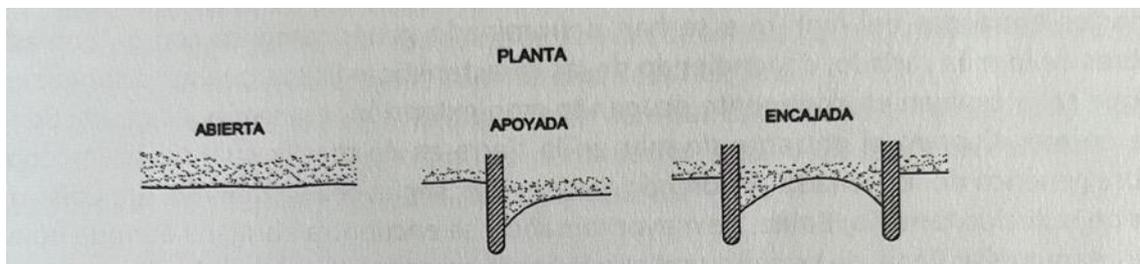


Figura 27. Tipos de formas en planta de playas (fuente: CEDEX).



Figura 28. Planta de Port Saplaya (fuente: Google Earth).



## 7. Estudio de soluciones

La solución que se pretende proyectar para la problemática de la erosión en la costa (**ver Anejo 10. Estudio de soluciones**) debe cumplir los siguientes requisitos:

- **Estabilización del tramo de costa**, de modo que la alternativa que sea seleccionada consiga que la erosión no vuelva a dejar a la playa en las mismas condiciones que se encuentra hoy en día.
- **Hacer que la línea de costa avance**, de modo que la alternativa que se escoja pueda garantizar al menos el ancho de playa que se tenía en 2001 en su punto más erosionado (extremo norte, ver plano de Perfil en el punto más erosionado de la playa), para que de esta manera la playa pueda albergar más oferta turística y a la vez, se pueda proteger mejor frente a temporales.
- **Menor impacto paisajístico**, de manera que se escoja afecte lo menos posible al impacto visual del paisaje.
- **Viabilidad económica**, por lo que la alternativa debe presentar un presupuesto ejecución lo más atractivo posible y rentable.

El objetivo a continuación será proponer las alternativas y desarrollarlas parcialmente, para ver en qué medida se cumplen cada una los requisitos estipulados.

### 7.1 Alternativa 1: aportación artificial de arena

El principal objetivo de esta alternativa será parar la erosión mediante la aportación artificial de arena a nuestra playa, **para que el tramo norte de Port Saplaya alcance el ancho que tenía en el año 2001 en su punto más erosionado (extremo norte de la playa)**. Por lo general, este tipo de actuaciones contemplan la creación de obras de defensa para resguardar el material sedimentario vertido en la costa, pero puesto que lo que se pretende es restarle rigidización al tramo de costa, se aprovechará el espigón sur de la playa de Meliana y la aportación de arena también se extenderá a esta playa.  
**Ver Anejo 10.1 Alternativa 1: Aportación artificial de arena**



Figura 29, Planta del relleno total (fuente: Google Earth).

Para definir este tipo de proyectos se necesita abarcar **dos aspectos principales**, uno de ellos es de donde provendrá el material de aportación y el volumen que se aportará a la costa.

### 7.1.1 Material de aportación

El material de aportación como es de suponer debe ser compatible con el material de la zona de extracción. La zona de extracción y la zona de aportación deben tener si bien no la misma granulometría sí que deben de ser por lo menos muy parecidas (compatibles). Es preferible que la zona de extracción tenga una granulometría mayor a la de la zona de extracción puesto favorecería a un mejor asentamiento del sedimento en la playa.

El material de aportación para este proyecto provendrá de un **yacimiento submarino ubicado frente a las costas de Valencia con DIA favorable que data del 20 de septiembre de 2013**. La granulometría es ligeramente mayor con respecto a la zona de aportación por lo que es idónea para el proyecto.

### 7.1.2 Volumen de aportación

El ancho que se pretende alcanzar es el que había. En 2001 que es de aproximadamente 60m en la zona más erosionada que es el extremo norte, por lo que ayudándonos de la AUTOCAD el volumen de aportación que obtuvo fue de 36016,7 m<sup>3</sup>(ver **plano de la Alternativa 1: Aportación artificial de arena**), cabe señalar que previo al cálculo del volumen se obtuvieron distintos perfiles de playa (**Figura 85 y Figura 86**) para la obtención de un perfil “definitivo” con el cual se obtuvo el volumen.



Figura 30, perfil de playa definitivo para la obtención del volumen de aportación (fuente: elaboración propia).

### 7.1.3 Valoración económica.

	Código	Unidad	Resumen	Cantidad	Precio (euros)	Total(euros)
Cap. 1: Actuaciones previas	U001	Part. Alz.	Replanteo inicial, partida alzada de replanteo toma y procesamiento de datos	1	4500	4500
	U003	m3	Dragado y transporte, realizado mediante draga de succión en marcha.	36016,7	7	252116,9
Cap. 2: Obras de dragado y mov. De tierras.	U003	h	Retroexcavadora, para perfilado y extendido del vertido	36016,7	20,66	9301,31
					Importe total(euros):	265918,213

Por lo que el coste de la obra sería aproximadamente de **265.918,213 €**.

## 7.2 Alternativa 2: dique exento

Para esta alternativa se deben caracterizar principalmente dos aspectos para el diseño de un dique exento, su diseño en planta y la tipología estructural del dique (**ver Anejo 10.2 Dique exento**). Esta alternativa se escogió debido a que a pesar de que se está sumando otra estructura de defensa a la costa, **los diques exentos no representan una intrusión tan fuerte a la dinámica litoral, como sí la representan los espigones**, por lo que a continuación definiremos los distintos parámetros del dique que se proyectará en la costa. La localización respecto a la costa del dique exento así como el avance de línea de costa que se pretende hacer previamente, se podrá ver de mejor manera en **el plano Alternativa 2: dique exento**.

### 7.2.1 Diseño en planta

Tabla 10, parámetros del diseño en planta del dique exento (fuente: elaboración propia).

<b>Ancho mínimo de playa.</b>	<b>A</b>	<b>30m</b>
<b>Longitud del dique exento.</b>	<b>B</b>	<b>250m</b>
<b>Distancia del dique exento a la tangente a la línea de costa formada.</b>	<b>S<sub>1</sub></b>	<b>230m</b>
<b>Distancia del punto más avanzado del saliente al dique exento.</b>	<b>X</b>	<b>120m</b>
<b>Longitud del saliente a partir de A.</b>	<b>D</b>	<b>110</b>
<b>Semilongitud de la base del hemitímbolo.</b>	<b>F</b>	<b>400m</b>
<b>Radio de la parábola del hemitímbolo.</b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>360m</b>

En la siguiente ilustración veremos representados los parámetros en planta.

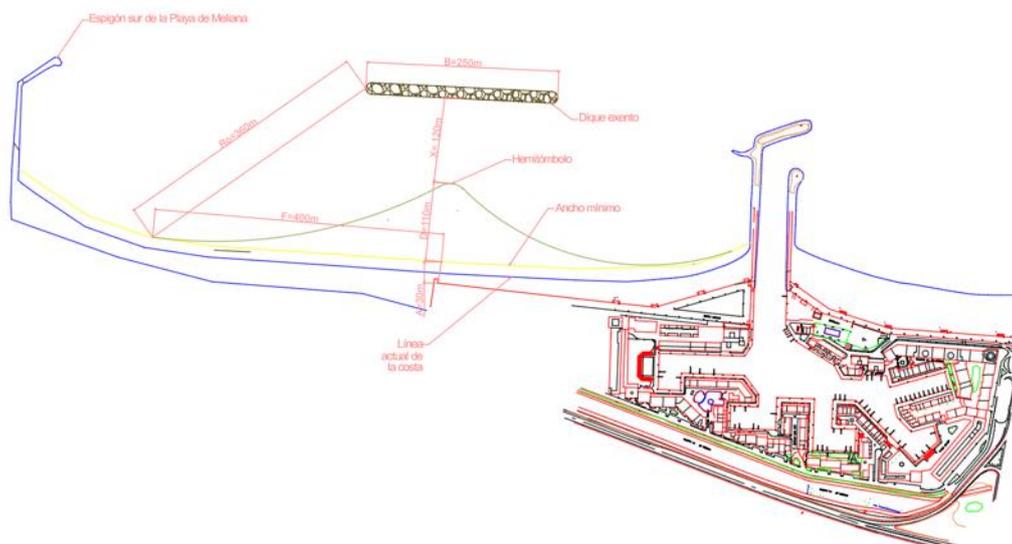


Figura 31, representación en planta del dique exento.

## 7.2.2 Tipología estructural

El siguiente aspecto para caracterizar en diseño del dique exento, es la tipología estructural, en el siguiente cuadro veremos representados cada uno de los parámetros estructurales del dique.

Tabla 11, parámetros estructurales del dique exento (fuente: elaboración propia).

<b>Altura de la berma</b>	$H_{\text{Berma}}$	0,59m
<b>Franco bordo</b>	$R_c$	2,1m
<b>Profundidad</b>	$d$	4,5m
<b>Altura total del dique.</b>	$H_c$	6,6m
<b>Ancho de cresta del dique exento.</b>	$b$	9m
<b>Altura significativa de ola.</b>	$H_s$	9,14m
<b>Período pico.</b>	$T_p$	12,44s
<b>Longitud de onda.</b>	$L_0$	241,51m
<b>Pendiente.</b>	$m$	2
<b>Material.</b>		Escollera
<b>Densidad de la escollera</b>	$\rho$	2,6 t/m <sup>3</sup>
<b>Diámetro medio.</b>	$D_{n50}$	4,5m
<b>Peso de las piezas.</b>	$W$	4,9t



<b>Área total.</b>	<b>A<sub>T</sub></b>	186,6m <sup>2</sup>
<b>Volumen total.</b>	<b>V<sub>T</sub></b>	46.650m <sup>3</sup>
<b>Base del dique.</b>	<b>B</b>	16m
<b>Coefficiente de transmisión.</b>	<b>K<sub>t</sub> (adimensional)</b>	0,5033

En la siguiente ilustración veremos la representación de los principales parámetros estructurales del dique.

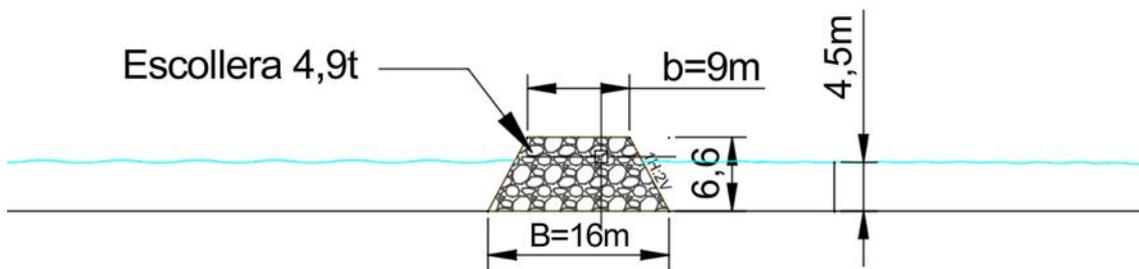


Figura 32, representación del perfil del dique exento (fuente: elaboración propia).

Las dimensiones de la sección y planta del dique aparecen de manera más detallada en **los planos de Solución adoptada: Planta del dique exento y Solución adoptada: sección del dique exento.**

### 7.2.3 Valoración económica

Tabla 12, valoración económica alternativa 2 (fuente: elaboración propia).

	Código	Unidad	Resumen	Cantidad	Precio (euros)	Total(euros)
Cap. 1: Actuaciones previas	U001	Part. Alz.	Replanteo inicial, partida alzada de replanteo toma y procesamiento de datos	1	4500	4500
	U003	m3	Dragado en zanja para cimentación	12000	7	84000
	U003	m3	Zahorra 0/20	9785	9,52	93153,2
	U004	h	Camión bañera de 25t	40	41,5	1660
Cap. 2: Obras de dragado y construcción del dique	U005	m3	Escollera de 5t	46650	13	606450
			<b>Importe total(euros):</b>			<b>789763,20</b>

Por lo que el coste de la obra sería aproximadamente de **789.763,20 €**.

### 7.3 Alternativa 3: Eliminación del espigón sur de Meliana + Dique exento

Esta alternativa se muestra como **una de las más atractiva desde el punto de vista paisajístico y de dinámica litoral**, puesto que al retirar el espigón estamos restándole rigidización a la costa que es uno de los objetivos que se persiguen, por lo que restablecería el transporte de sedimento a los largo del tramo, y se reemplazaría por el dique exento, además de no ser tan intrusivo como el espigón en la dinámica litoral ayudaría a ganar ancho de playa que es otro de los objetivos que se persiguen este estudio.



### 7.3.1 Eliminación del espigón sur de Meliana

El proceso de retirada del espigón se llevará a cabo mediante retroexcavadora, previa instalación de la barrera antiturbidez para evitar la propagación de los sedimentos del fondo por la retirada de escollera (ver **plano de Solución adoptada: retirada del espigón sur de la playa de Meliana**). La retroexcavadora colocará en un camión bañera cada pieza de escollera que se vaya extrayendo del espigón. El proceso de retirada del espigón se desglosa de manera más detallada en el **Anejo 11.2 Proceso constructivo** así como también en el **plano Solución adoptada: retirada del espigón sur de la playa de Meliana** se desglosarán gráficamente las fases de la retirada.

### 7.3.2 Dique exento

El procedimiento será el mismo realizado en la alternativa 2, por lo cual si al final se adopta esta alternativa el procedimiento será el mismo.

### 7.3.3 Valoración económica

	Código	Unidad	Resumen	Cantidad	Precio (euros)	Total(euros)
Cap. 1: Actuaciones previas	U001	Part. Alz.	Replanteo inicial, partida alzada de replanteo toma y procesamiento de datos	1	4500	4500
	U002	h	Retroexcavadora de cabeza giratoria	160	14,66	2345,6
Cap 3: Eliminación del espigón sur de Meliana	U003	m	Barrera antiturbidez. Tramos de 25m	600	47,26	28356
	U004	m3	Dragado en zanja para cimentación	12000	7	84000
	U005	m3	Zahorra 0/20	9785	9,52	93153,2
	U006	h	Camión bañera de 25t	40	41,5	1660
Cap. 2: Obras de dragado y construcción del dique	U007	m3	Escollera de 5t	46650	13	606450
			Importe total(euros):			820464,80

Por lo que el coste de la obra sería aproximadamente de **820.464,80 €**.

## 8. Descripción de la solución adoptada

Para la elección de la alternativa que se adoptará como solución, analizaremos cada una de ellas en el siguiente cuadro comparativo:

Alternativa	Estabilización del tramo de costa	Hacer que la línea de costa avance	Menor impacto paisajístico	Viabilidad económica
Alternativa 1	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple.
Alternativa 2	Cumple	Cumple	Cumple parcialmente	Cumple
Alternativa 3	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Teniendo en cuenta los requisitos expuestos en el **Anejo 11. Solución adoptada**, la alternativa que **se adoptará como solución será la alternativa 3**, tomando en cuenta de que la diferencia de precio con la alternativa 2 es muy pequeña pero la alternativa 3 sí que contempla la retirada del espigón ayudando a que se recupere la dinámica litoral y además, quitando elementos que afectan al paisaje como lo es el espigón de Meliana.

### 8.1 Diseño del dique exento

El diseño en planta y de la sección del dique se detalla en el **Anejo 11.1 Diseño del dique exento**, los parámetros principales del dique son:

Peso de la escollera (W)	4,9t
Diámetro medio de la escollera ( $D_{n50}$ )	2,0m
Talud de diseño	1H:2V
Altura del dique ( $h_c$ )	6,6m
Largo del dique (B)	250m
Ancho del dique (b)	16m

Dichos parámetros se representan en la **Figura 92, perfil del dique exento (fuente: elaboración propia)** y **Figura 91, diseño en planta del dique exento (fuente: elaboración propia)**.

### 8.2 Proceso constructivo

En cuanto al proceso constructivo, contemplará principalmente las siguientes fases:

**Fase 1:** Retirada del espigón sur de la playa de Meliana. Proceso de retirada pormenorizado en el **plano de Solución adoptada: retirada del espigón sur de la playa de Meliana**.



Figura 33, retirada de la estructura de defensa.

**Fase 2:** Alimentación artificial de la costa, hasta el ancho especificado en el diseño en planta del dique exento. El avance de la línea de costa se puede ver en el **plano de Solución adoptada: planta de la alternativa 3**.



Figura 34, alimentación artificial de playa



### Fase 3: Construcción del dique exento.



Figura 35, construcción de dique exento mediante camino rodado (fuente: El País)

Cada una de las fases se desarrolla de manera más pormenorizada en el **Anejo 11.2 Proceso constructivo**.

### 8.3 Valoración económica

	Código	Unidad	Resumen	Cantidad
<b>Cap1. Actuaciones previas</b>	U001	PA	Replanteo inicial.	4500
	Partida alzada de replanteo, incluso toma y procesamiento de datos			
	U002	PA	Instalaciones auxiliares	15000
Partida alzada de puesto en obra de instalaciones auxiliares				
<b>Cap2. Retirada del espigón</b>	U001	h	Retroexcavadora 3 m3	1647,42
	Retroexcavadora de cabeza giratoria para retirada de escollera			
	U006	m3	Perfilado y extendido	183,25
	Capa superior de arena extendida y perfilada según planos			
	U002	m	Barrera antiturbidez	28356
Barrera antiturbidez incluso inclusocolocación y transporte en tramos de 25m				
<b>Cap3. Obras de defensa</b>	U003	m3	Dragado en zanja para cimentación	42720
	Dragado de fondo marino para cimentación del dique exento y transporte			
	U004	m3	Escolleras	606450
	Escollera de 4,9t para manto principal incluido transporte y suministro			
	U005	Ud	Señalización marítima	400
	Balizas de señalización marítima formada material de PVC resistente a la corrosión			
	U006	m3	Perfilado y extendido	6600,06
	Capa superior de arena extendida y perfilada según planos			
U007	m3	Zahorra 0/20	93153,2	
Zahorra para elaboración del camino rodado para el transito de maquinaria al dique				
<b>Cap4. Gestión de residuos</b>	U008	PA	Gestión de residuos	30500
	Clasificación y recogida de residuos de construcción incluso transporte a una distancia mayor de 10km			
<b>Cap4. Seguridad y Salud</b>	U007	PA	Seguridad y Salud	55647,05
	Seguridad y Salud			
			Material	885156,98
			13% Gastos generales	115070,41
			6% Beneficio Industrial	53109,42
			21% IVA	185882,97
			<b>Total (Euros)</b>	<b>1239219,77</b>

## 9. Referencias

- al, V. d. (2003). Environmental design of low crested coastal defence structures. *Coastal Engineering*.
- Alboraya, A. d. (s.f.). Obtenido de [https://turismoalboraya.es/Port\\_Saplaya](https://turismoalboraya.es/Port_Saplaya)



- Castelló, C. N. (Agosto de 2021). [https://www.eldiario.es/comunitat-valenciana/valencia/aumento-nivel-mar-amenaza-engullir-puerto-valencia-albufera-final-siglo-onu\\_1\\_8212725.html](https://www.eldiario.es/comunitat-valenciana/valencia/aumento-nivel-mar-amenaza-engullir-puerto-valencia-albufera-final-siglo-onu_1_8212725.html).
- CEDEX. (2008). *Directrices para el diseño de diques exentos en las costas españolas*.
- CEDEX. (2021). *Curso de Ingenierías de costas y medio ambiente*.
- Estado, P. d. (s.f.). *Puertos.es*. Obtenido de <https://www.puertos.es/es-es>
- Estado, P. d. (s.f.). *Recomendaciones de obras marítimas*.
- GAMASER. (2023). *ESTUDIO AMBIENTAL PARA EL DRAGADO Y LA REUBICACIÓN DE LOS MATERIALES A DRAGAR EN EL PUERTO DEPORTIVO DE PORTSAPLAYA (ALBORAYA – VALENCIA)*. Valencia.
- GVA. (1975). Obtenido de <https://mediambient.gva.es/es/web/puertos/puertos-cv/puertos-gv/darsena-port-saplaya/informacion-general>
- Hsu-Silvester. (s.f.). *Coastal Engineering*.
- IBERINSA, H. e. (2006-2007). *Plan de ecocartografías del litoral español*.
- IGME. (s.f.).  
<https://info.igme.es/cartografiadigital/portada/default.aspx?mensaje=true>.
- Lapeña, A. C. (2018). *PROYECTO DE REGENERACIÓN DE LAS PLAYAS DEL SALER Y GARROFERA (VALENCIA)*. Valencia.
- LAS PROVINCIAS. (2020). Obtenido de <https://www.lasprovincias.es/hortamorvedre/vecinos-port-saplaya-20200608185002-nt.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.lasprovincias.es%2Fhortamorvedre%2Fvecinos-port-saplaya-20200608185002-nt.html>
- Martínez, P. C. (2015). *REDACCIÓN DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL DIQUE EXENTO ENTRE LAS PLAYAS DE MALAPESQUERA Y SANTA ANA, T.M. DE BENALMÁDENA (MÁLAGA)*. . Benalmádena.
- MITECO. (2018). [miteco.gob.es](https://www.miteco.gob.es). Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/va/costas/temas/proteccion-costa/actuaciones-proteccion-costa/valencia/460328-oenovdic12016.html>
- Molines Llodrá, J. (2024). *Obras Marítimas*. Valencia, Valencia, España. Obtenido de [https://turismoalboraya.es/Port\\_Saplaya](https://turismoalboraya.es/Port_Saplaya)
- Muñoz, A. M. (2017). *Proyecto de retirada del espigón de la playa de Punta Brava*.
- Navionics. (2024). Obtenido de <https://www.garmin.com/es-ES/c/marine-cartography/third-party-marine-maps/>
- ONU. (2021). *Acción por el clima*. Obtenido de un.org: <https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/ocean-impacts#:~:text=A%20medida%20que%20un%20exceso,marinas%20y%20acidificaci%C3%B3n%20del%20oc%C3%A9ano>.



## DOCUMENTO N°1: ANEJOS



## Anejos

<b>DOCUMENTO Nº1: ANEJOS .....</b>	<b>49</b>
<b>Anejos.....</b>	<b>50</b>
<b>1. Antecedentes .....</b>	<b>51</b>
<b>2. Emplazamiento y accesos .....</b>	<b>53</b>
<b>3. Geología y geotecnia .....</b>	<b>54</b>
<b>4. Batimetría.....</b>	<b>56</b>
<b>5. Clima marítimo .....</b>	<b>57</b>
5.1 Régimen de viento.....	57
5.2 Nivel del mar .....	59
5.3 Marea meteorológica y astronómica .....	61
<b>6. Oleaje .....</b>	<b>61</b>
6.1 Régimen medio.....	61
6.2 Régimen Extremal.....	68
<b>7. Cambio climático .....</b>	<b>73</b>
<b>8. Propagación de oleaje .....</b>	<b>74</b>
8.1 Régimen extremal en aguas profundas y distribución direccional .....	78
<b>9. Transporte de sedimentos .....</b>	<b>86</b>
<b>10. Estudio de soluciones.....</b>	<b>92</b>
<b>10.1 Alternativa 1: Aportación artificial de arena .....</b>	<b>93</b>
10.1.1 Materiales de préstamo: compatibilidad con el sedimento nativo .....	94
10.1.2 Volumen de aportación .....	98
10.1.3 Valoración económica .....	100
<b>10.2 Dique exento .....</b>	<b>101</b>
10.2.1 Diseño en planta .....	101
10.2.2 Diseño estructural.....	103
10.2.3 Valoración económica .....	104
<b>10.3 Dique exento + Eliminación del espigón sur de la Playa de Meliana .....</b>	<b>104</b>
<b>11. Solución adoptada .....</b>	<b>105</b>
11.1 Diseño del dique exento .....	107
11.2 Proceso constructivo .....	109
11.3 Gestión de residuos .....	113
11.4 Material del dique .....	113
11.5 Zona de acopios.....	114
11.6 Plazo de Ejecución .....	114
<b>12. Presupuesto .....</b>	<b>114</b>



#### 4. Antecedentes

Port Saplaya es un municipio hermanado con Alboraya y su existencia data de 1974, año en el que finalizó su construcción. Debido a la proximidad con la ciudad de Valencia se considera como un municipio “dormitorio”, cuenta con un espacio terrestre de 18.750 m<sup>2</sup> y cuenta con aproximadamente 450m de estructuras de abrigo.

En cuanto a los servicios que oferta el puerto deportivo de Port Saplaya, puede albergar a 323 embarcaciones (N.º de amarres), con una eslora máxima de 12m y una grúa fija de 12t, con servicios de reparación, mantenimiento y de repostaje. Luego, cuenta con dos playas divididas por los diques de entrada al puerto deportivo, la playa sur suele estar más concurrida y también tiene un área para mascotas. **En cuanto a su costa norte** (tramo objeto de estudio) tiene una longitud media de 400m, ancho medio de 100m, el tipo de arena es fina y dorada y la calidad del agua es óptima (Alboraya, s.f.)



Figura 36, Port Saplaya año 2001 (fuente: Google Earth).

De un tiempo hasta esta parte se ha observado un regresión en la línea de costa en el tramo norte de la costa la cual **colinda con la playa de Meliana, y es separada por acequia San Vicent**. Los vecinos ya en 2020 pedían un espigón como el que se ubica al sur de la playa de Meliana ya que como veremos en las siguientes ilustraciones desde que se tienen datos (año 2001) hasta hoy la línea de costa en el extremo norte ha sufrido una regresión muy significativa.



Figura 37, Port Saplaya año 2024 (fuente: Google Earth)

Como se puede ver en ambas ilustraciones el retroceso es muy pronunciado provocando que ese segmento de costa sea vulnerable ante temporales, trayendo también repercusiones de carácter económico puesto que al haber menos  $m^2$  de playa eso se traducirá en menos capacidad de aforo, por lo tanto a la larga menos ingresos para la población alborayense. El objeto de estudio será buscar una solución que permita parar la erosión de forma permanente junto con otros objetivos (económico, pasajístico, etc).



Figura 38, ortofoto de Port Saplaya (fuente: Google Earth).



## 5. Emplazamiento y accesos

En cuanto al emplazamiento donde se desarrollarán los trabajos, estos se desarrollarán concretamente en Port Saplaya, Alboraya ubicado municipio ubicado en la provincia de Valencia en la costa Este de España.



*Figura 39, localización del emplazamiento*

**Dentro de los accesos principales a Port Saplaya** en vehículo tenemos la V-21 que va en dirección a Barcelona y la CV-311 entrando desde L`Horta de Alboraya, luego, el municipio no está conectado a la ciudad de Valencia por líneas de ferrocarril y en cuanto a transporte público está conectado a la ciudad de Valencia 112-A y 112-B. Concretamente se ubica a 5km al norte de Valencia capital.

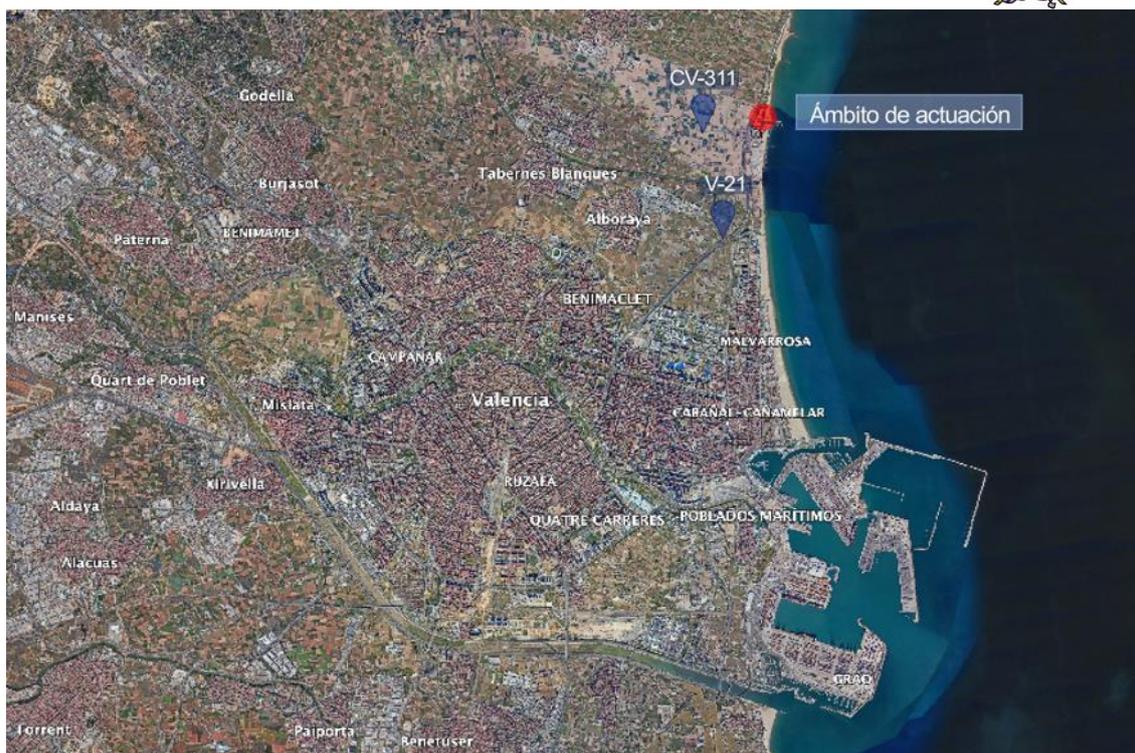


Figura 40, accesos principales por carretera a Port Saplaya (fuente: Google Earth).

## 6. Geología y geotecnia

Dentro de la geología que nos ocupa, en el tramo objeto de estudio cabe destacar depósitos cuaternarios que también incluyen sedimentos como arenas, limos, gravas y arcillas, pero también depósitos aluviales y glaciares. La información acerca de la geología de la zona se ha recogido principalmente del IGME.





Siendo la **zona blanca** sedimentos no consolidados muy finos, la **zona verde** vegetación de alta densidad y la **zona amarilla** sedimentos no consolidados medio-gruesos

## 7. Batimetría

Se estudia la batimetría de la zona de actuación ya que permite obtener representación detallada del fondo marino. Tomando como **El Plan de Ecocartografías de Valencia**, recogido en el Ministerio de Transición ecológica y reto demográfico, así como del programa para navegación **Navionics** con ambas herramientas podremos dar con los datos exactos de profundidad.

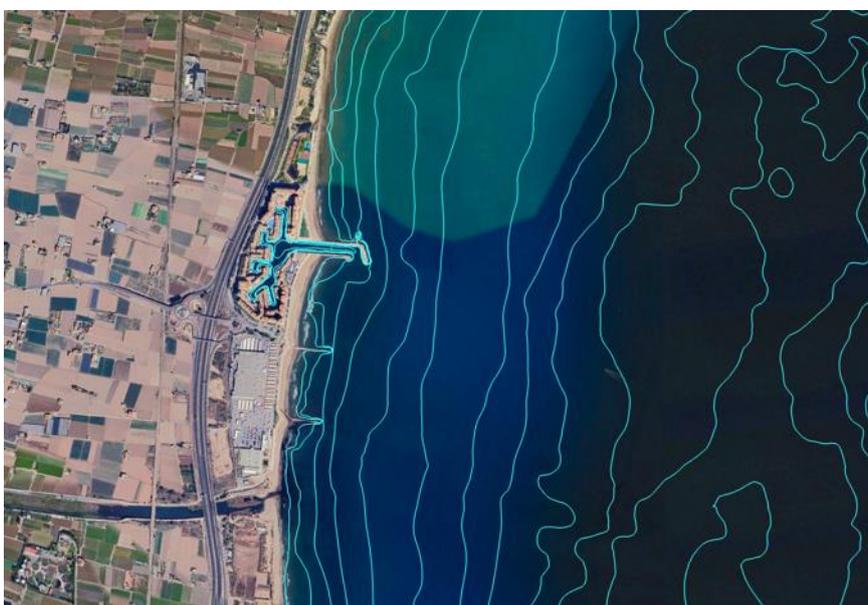


Figura 43, batimetría sacada del Plan de Ecocartografía de Valencia (fuente: MITECO).

En la ilustración previa se puede observar la batimetría de la zona, que como se puede apreciar hay pendientes suaves en la costa de Port Saplaya donde la profundidad va desde la cota 0m hasta aproximadamente 19,3m, y una distancia en perpendicular de 4,43km a la línea de costa, por otra parte, **la profundidad de estudio será de 4,5m**, como se puede observar en la siguiente ilustración, que es más o menos la profundidad a la que se pretenden proyectar algunas de las alternativas. A esta profundidad de estudio faltará agregarle la carrera de marea así como



Figura 44, batimetría del puerto deportivo de Port Saplaya (fuente: Navionics)

## 8. Clima marítimo

### 5.1 Régimen de viento

Las direcciones predominantes en la zona de estudio por lo general son vientos de Levante y Noreste, sin que exista ninguna variación respectiva a la orografía que como se ha dicho previamente es principalmente llana, luego también se podrá ver en la ilustración siguiente que predominan aún más incluso vientos venidos del Oeste y en menor medida del sureste, se podrá observar más claramente en la rosa de vientos anual en la siguiente ilustración.



ROSA DE VELOCIDAD MEDIA

LUGAR : SIMAR 2081114

PERIODO : Anual

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Abr. 2024

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 1.0

PORCENTAJE DE CALMAS : 9.60 %

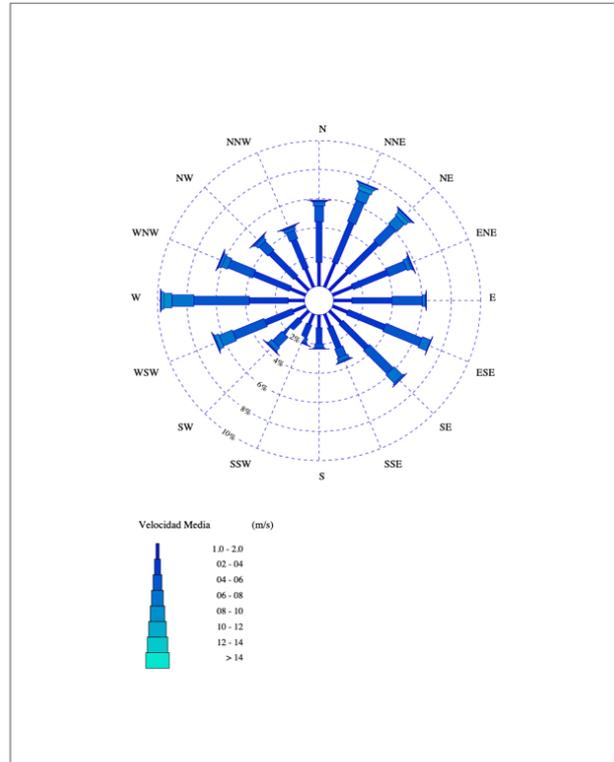


Figura 45, rosa de vientos anual (fuente: Puertos del Estado)

El Nodo SIMAR tomado como referencia ha sido el 2081114, cuya ubicación respecto a la zona de estudio se podrá apreciar en la siguiente ilustración.

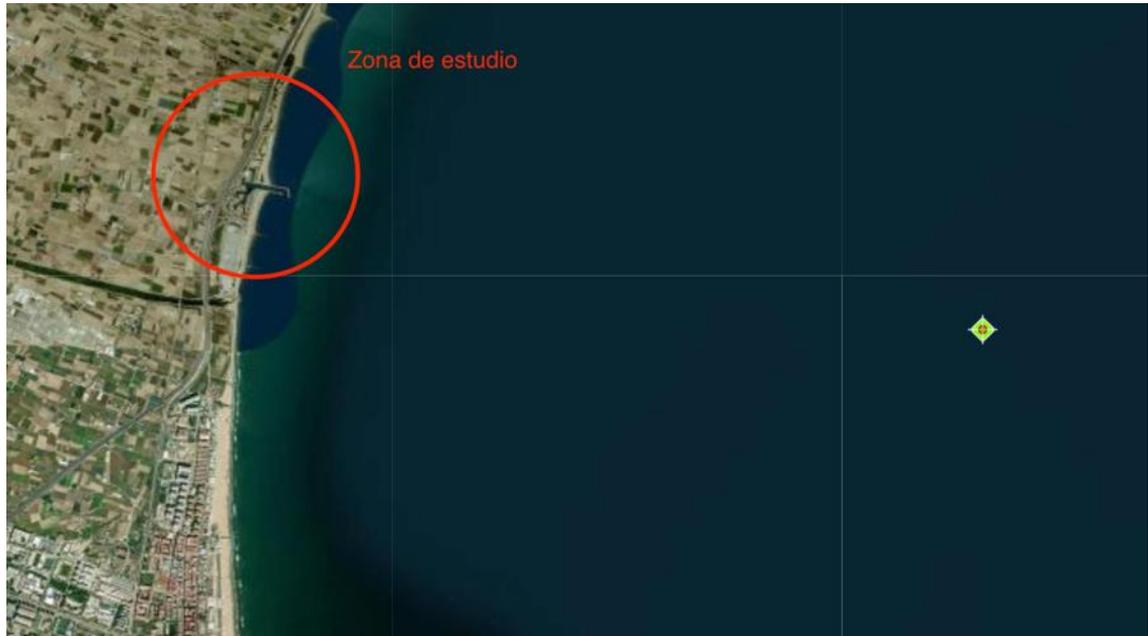


Figura 46, NODO SIMAR de referencia (fuente: Puertos del Estado)

## 5.2 Nivel del mar

Para el área de estudio se cogerá la información puesta en el informe de “Red de Mareógrafos de Puertos del Estado-Puerto de Sagunto”, donde emplean un mareógrafo que recoge datos desde 2007 hasta el año 2017 (serie histórica). Según el informe, la zona tiene un régimen mareal mixto y con predominancia diurna, a continuación, se mostrará una ilustración del esquema datum del mareógrafo REDMAR de Sagunto, previa otra ilustración de la localización de dicho mareógrafo.



Figura 47, mareógrafo de Sagunto (fuente: Puertos del Estado).

En la siguiente ilustración se muestra el Clavo del Mareógrafo de Sagunto, incrustado en el cantil junto a la base del mareógrafo en el Puerto de Sagunto concretamente en el muelle de Levante. El cero del mareógrafo no corresponde al cero del puerto.

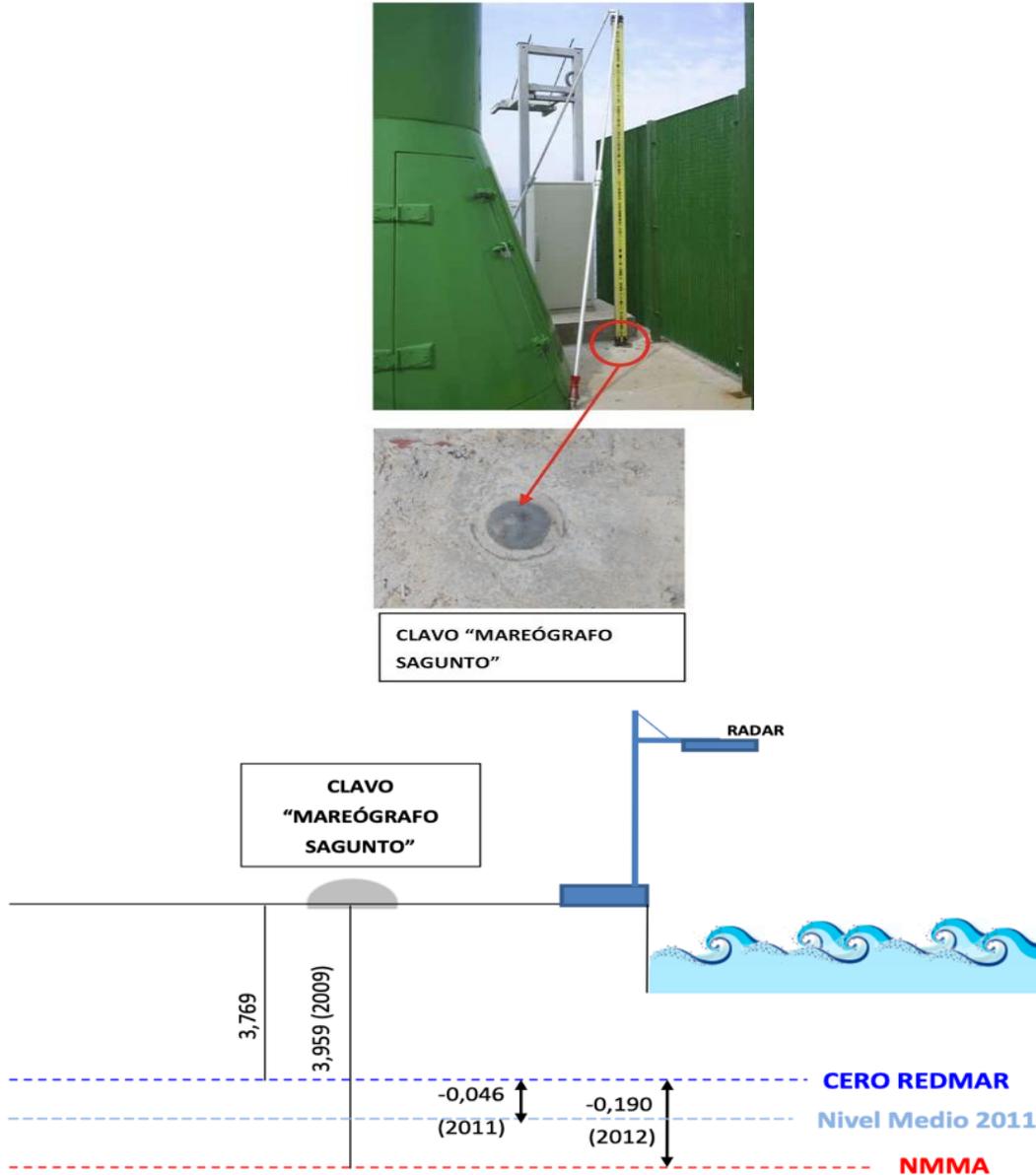


Figura 48, clavo del mareógrafo de Sagunto (fuente: Puertos del Estado).

La ilustración siguiente recoge los datos de las principales referencias del nivel del mar calculas en la serie temporal antes acotada (2007-2017), en dicha ilustración, se muestra el nivel máximo observado (la suma entre la marea meteorológica y la astronómica) que es de +55cm junto con el mínimo nivel observado -45cm.

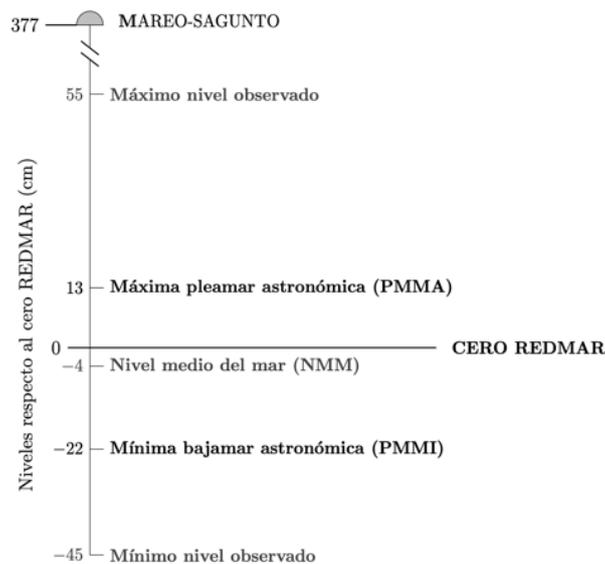


Figura 49, nivel medio del mar en Sagunto (fuente: Puertos del Estado).

Como se puede observar la diferencia entre la máxima pleamar es de 0,55m y la mínima bajamar de 0,45m lo que nos deja una amplitud de marea de 1m, esto sumado a la profundidad a pie de dique tomada en el anejo de batimetría de 4,5m **nos da una profundidad de estudio de 5,5m**. Luego, a esta profundidad de estudio se le sumará el nivel de marea meteorológica y astronómica y los escenarios del IPCC en **la Ecuación 1**.

### 5.3 Marea meteorológica y astronómica

De los datos sacados de la ilustración anterior, deducimos el valor aproximado de ambas mareas:

- Marea astronómica= 13 cm
- Marea Meteorológica=55cm-13cm=42 cm

Luego las profundidades a las que se propagará el oleaje se especifican en la **Tabla 13, profundidades de propagación de oleaje (fuente: elaboración propia)**.

## 9. Oleaje

Para describir el oleaje nos ayudaremos de los regímenes extremales y medios para poder caracterizar el oleaje de la zona de estudio.

### 6.1 Régimen medio

LUGAR : Boya de Valencia

PERIODO : Anual

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Sep. 2005 - Feb. 2023

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 2.17%

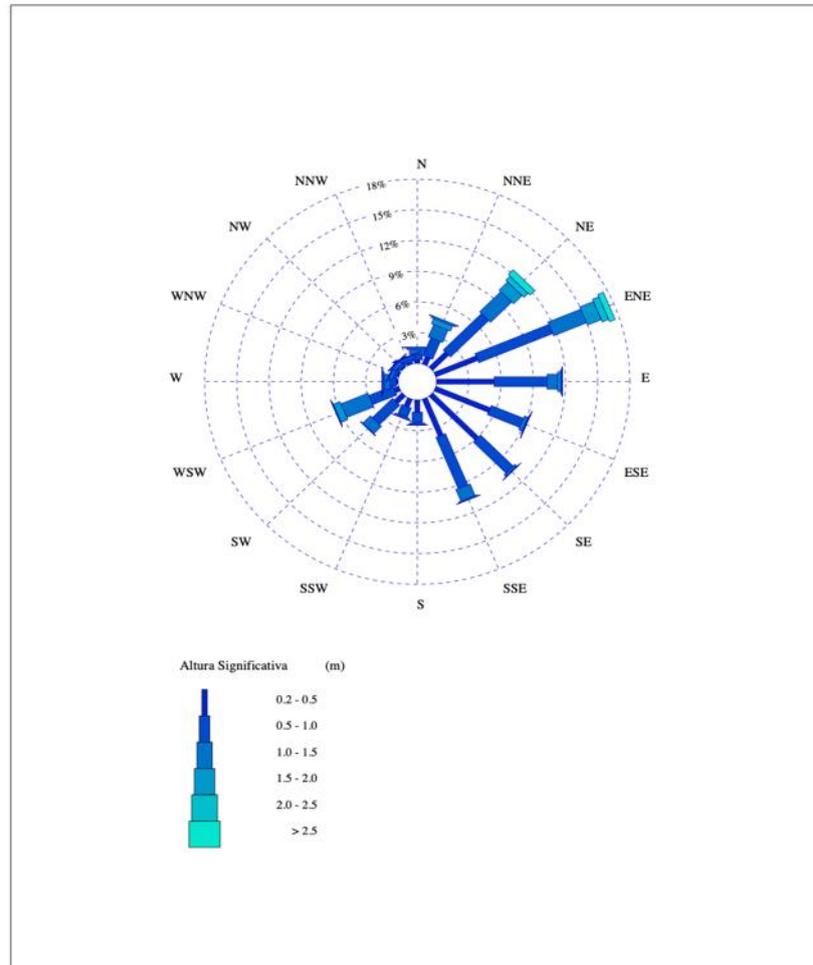


Figura 50, oleaje en RM (fuente: Puertos del Estado).

El régimen medio nos ayudará a caracterizar el conjunto de olas que es más probable que lleguen a nuestra costa, en la siguiente ilustración se mostrarán los datos de la altura de ola significativa, con la dirección predominante del oleaje y la rosa de oleaje anual en régimen medio.







LUGAR : Boya de Valencia

PERIODO : Mar. - May.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Sep. 2005 - Feb. 2023

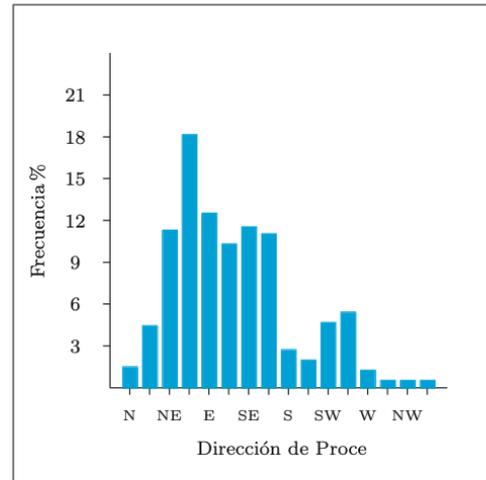
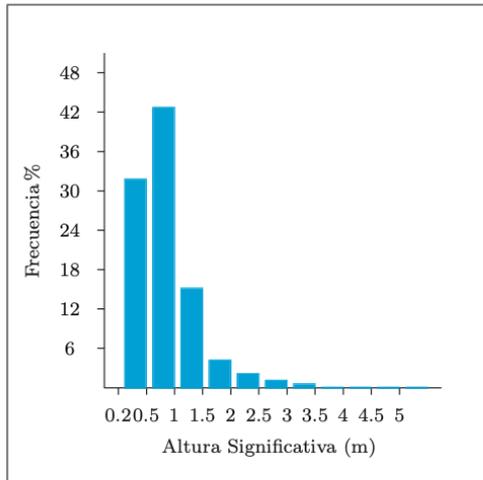


Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Hs (m)												Total	
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0		
CALMAS	2.054													2.054
N 0.0		.162	.552	.428	.133	.057	.048	.010	-	-	-	-	-	1.389
NNE 22.5		.713	2.130	1.027	.418	.105	.067	-	-	-	-	-	-	4.461
NE 45.0		1.959	4.594	2.501	.923	.656	.380	.247	.038	-	-	-	-	11.299
ENE 67.5		3.700	7.552	3.785	1.655	.799	.399	.190	.124	-	-	-	-	18.204
E 90.0		4.993	5.459	1.370	.333	.228	.095	.086	.019	-	-	-	-	12.583
ESE 112.5		6.144	3.614	.371	.057	-	.010	-	-	-	-	-	-	10.196
SE 135.0		6.391	4.660	.323	.029	.019	-	-	-	-	-	-	-	11.423
SSE 157.5		4.337	5.364	1.198	.133	.010	-	-	-	-	-	-	-	11.042
S 180.0		1.341	1.265	.171	.010	-	-	-	-	-	-	-	-	2.787
SSW 202.5		.770	1.046	.114	.010	-	-	-	-	-	-	-	-	1.940
SW 225.0		.818	2.796	.875	.057	-	-	-	-	-	-	-	-	4.546
WSW 247.5		.276	2.711	2.121	.266	.019	.010	-	-	-	-	-	-	5.402
W 270.0		.067	.618	.418	.114	.029	-	-	-	-	-	-	-	1.246
WNW 292.5		.048	.143	.133	.095	.010	-	-	-	-	-	-	-	.428
NW 315.0		.029	.181	.200	.076	-	-	-	-	-	-	-	-	.485
NNW 337.5		.057	.219	.133	.076	-	.010	.019	-	-	-	-	-	.514
Total	2.054	31.805	42.905	15.170	4.385	1.931	1.018	.552	.181	-	-	-	-	100%

Figura 53, tabla de oleaje estacional-primavera (fuente: Puertos del Estado).



LUGAR : Boya de Valencia

PERIODO : Jun. - Ago.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Sep. 2005 - Feb. 2023

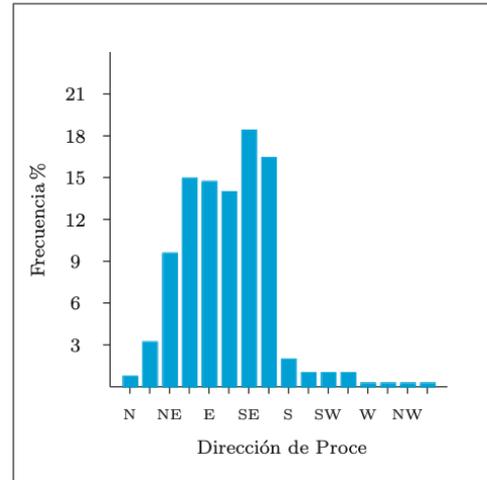
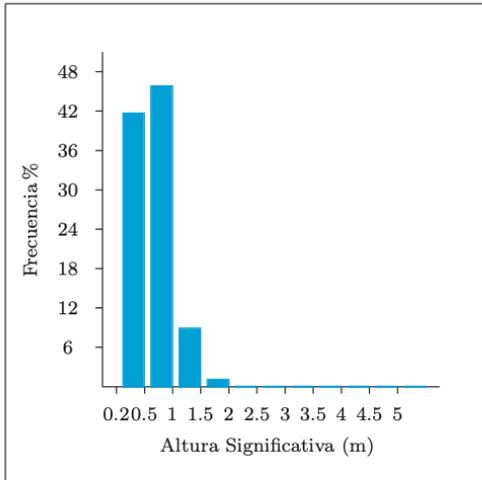


Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Hs (m)												Total	
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0		
CALMAS	2.578													2.578
N 0.0		.245	.363	.082	.018	-	-	-	-	-	-	-	-	.708
NNE 22.5		.617	1.670	.663	.091	.027	.018	-	-	-	-	-	-	3.087
NE 45.0		2.433	4.984	1.743	.409	.082	.009	-	-	-	-	-	-	9.660
ENE 67.5		4.993	7.417	2.043	.345	.064	.036	.018	-	-	-	-	-	14.916
E 90.0		7.662	6.364	.590	.036	-	-	-	-	-	-	-	-	14.653
ESE 112.5		8.788	4.875	.318	.018	-	-	-	-	-	-	-	-	13.999
SE 135.0		10.232	7.798	.354	.009	-	-	-	-	-	-	-	-	18.393
SSE 157.5		4.721	9.187	2.442	.154	-	-	-	-	-	-	-	-	16.505
S 180.0		.926	.763	.145	.009	-	-	-	-	-	-	-	-	1.843
SSW 202.5		.345	.472	.073	.009	-	-	-	-	-	-	-	-	.899
SW 225.0		.254	.672	.073	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.999
WSW 247.5		.118	.490	.263	.009	-	-	-	-	-	-	-	-	.881
W 270.0		.073	.191	.027	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.291
WNW 292.5		.073	.073	.009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.154
NW 315.0		.073	.073	.009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.154
NNW 337.5		.127	.145	.009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.281
Total	2.578	41.680	45.538	8.842	1.108	.172	.064	.018	-	-	-	-	-	100 %

Figura 54, tabla de oleaje estacional-verano (fuente: Puertos del Estado).





## 6.2 Régimen Extremal

Por otro lado, el régimen Extremal nos ayudará a aglomerar el conjunto de datos de oleaje cuya intensidad es poco frecuente, estos datos nos servirán para saber qué oleajes máximos llegarán a la costa y estar del lado de la seguridad a la hora de proyectar las distintas soluciones, en la siguiente ilustración se muestra la rosa de oleaje anual en dicho régimen.

LUGAR : Valencia

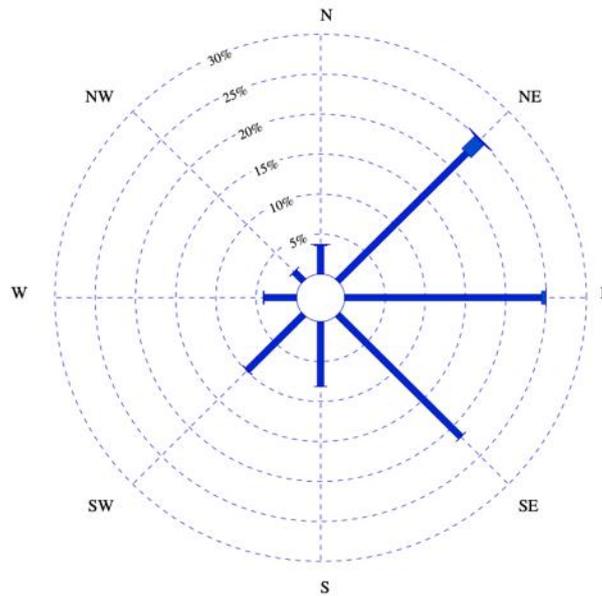
CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PERIODO : Global

SERIE ANALIZADA : Sep. 2005 - Feb. 2023

PORCENTAJE DE CALMAS : 0.79 %



Altura Significativa (m)

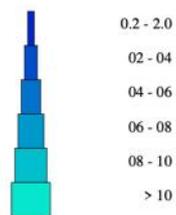
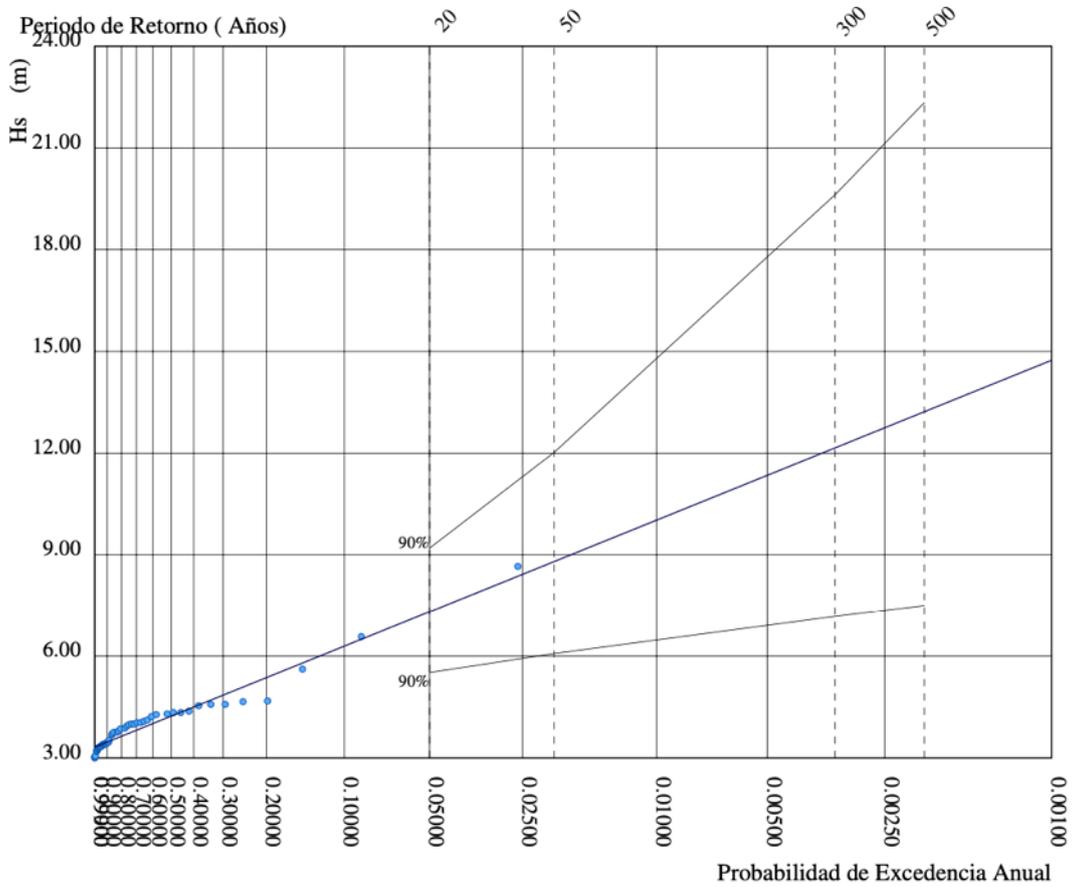


Figura 56, rosa de oleaje anual (fuente: Puertos del Estado).



LUGAR : Valencia  
 PARÁMETRO : Altura Significante SERIE ANALIZADA : Sep. 2005 - Feb. 2023  
 PROFUNDIDAD : 230.0



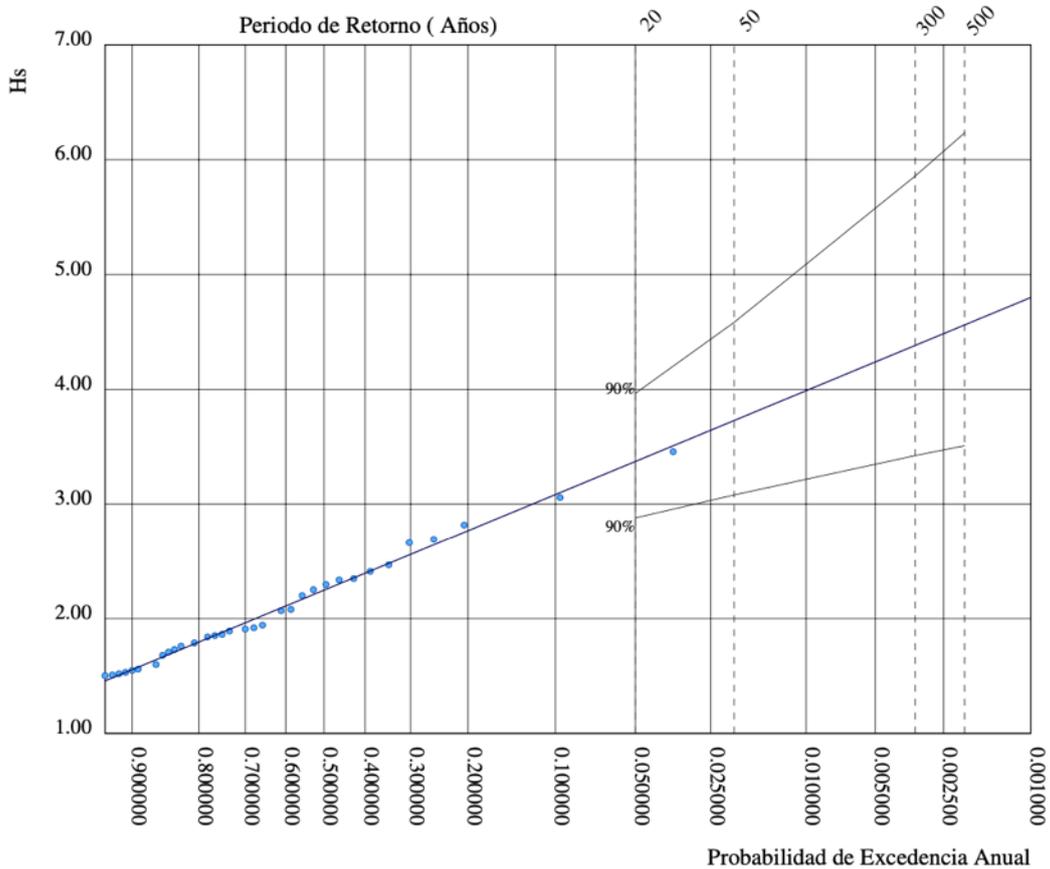
$$T_p = 4.30 H_s^{0.48}$$

Figura 57, gráfica de probabilidad de excedencia anual, junto con la ecuación de período de retorno (fuente: Puertos del Estado).



### Sector direccional Norte.

Teniendo en cuenta el oleaje que proviene de la dirección norte, podemos ver en la siguiente ilustración donde los temporales en este caso sí que se aproximan a la distribución. La altura significativa de ola se muestra en base a probabilidad de ocurrencia anual. Siguiendo la distribución podemos observar que para el período de retorno que nos ocupa (25 años para puertos deportivos) la altura significativa de oleaje es superior a 3m.

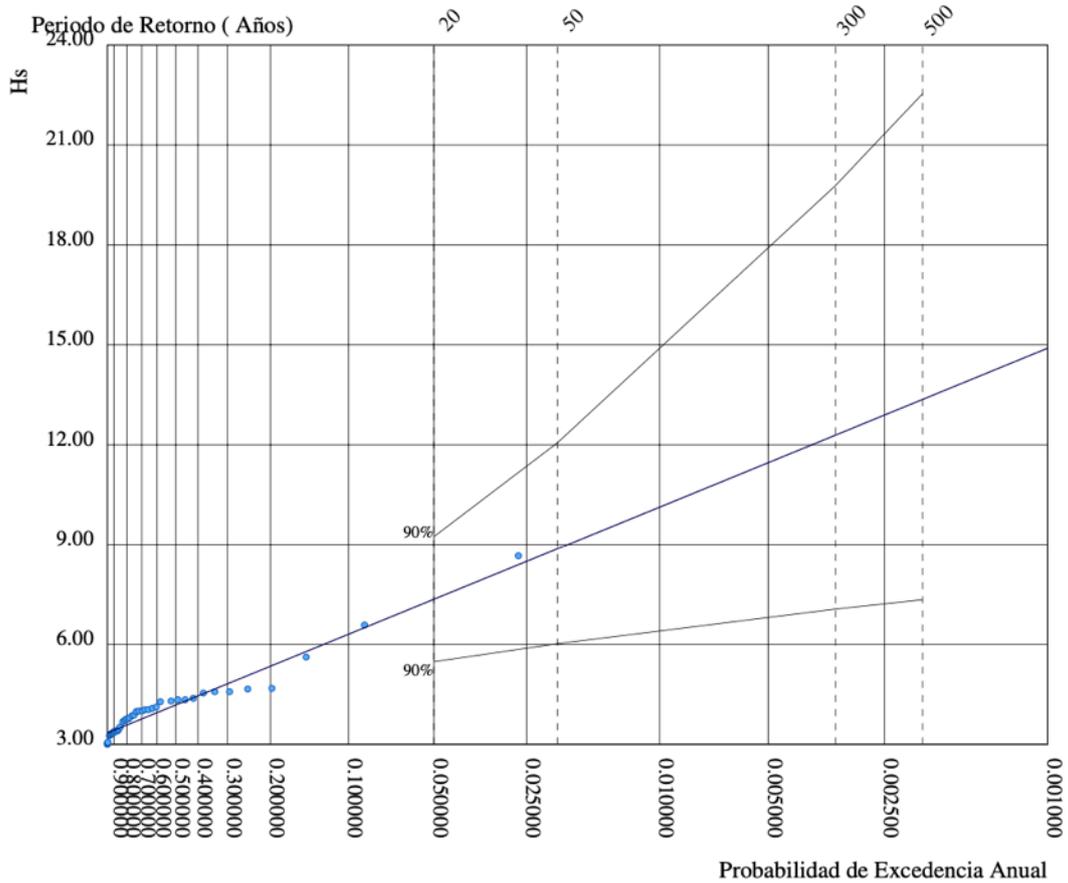


$$T_p = 4.58 H_s^{0.33}$$



**Sector direccional Noreste.**

Esta es otra dirección importante de procedencia del oleaje a tener en cuenta la hora de realizar los cálculos de propagación de oleaje, el cual podemos apreciar que siguiendo la distribución que para un período de retorno de 25 años supera los 9m de altura significativa de oleaje.

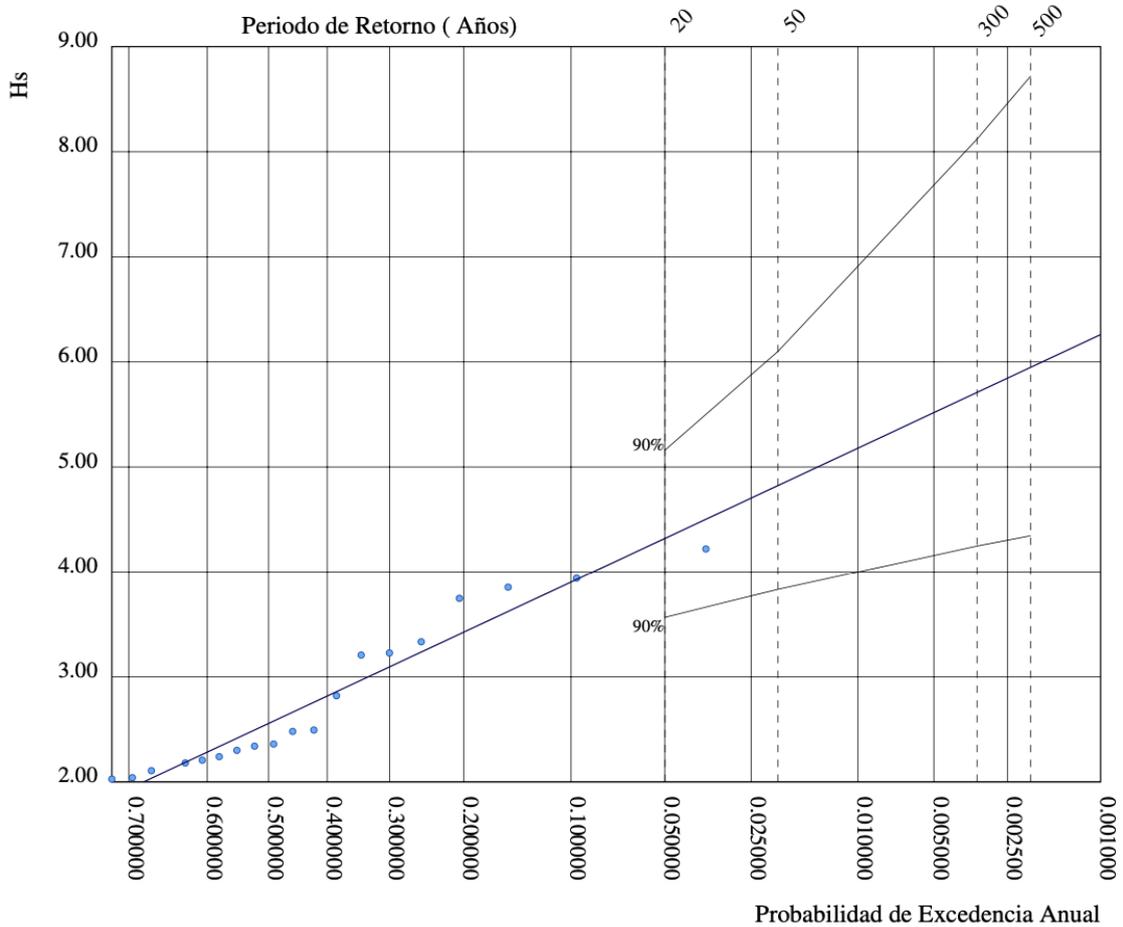


$$T_p = 4.59 H_s^{0.44}$$



### Sector direccional Este.

En esta última gráfica de mareas observamos que la altura significativa de oleaje es superior al sector direccional norte para el período de retorno que nos ocupa (25 años) llegando a superar los 4m.



$$T_p = 5.50 H_s^{0.28}$$



## 10. Cambio climático

En cuanto al incremento de los niveles del mar, hay un consenso bastante sólido entre distintos estudios realizados con distintos métodos, lo efectos que puede producir los incrementos del nivel del mar son:

- Sumergimiento de partes cercanas a la costa.
- Perjuicios por inundaciones.
- Intrusión del agua salada.
- Pérdidas de humedales (ósea cambios en el ecosistema).

Las proyecciones que se tienen en general, es que es muy probable que el nivel del mar incremente, por otra parte es interesante lo que revelan las evaluaciones en cuanto a las afecciones que puede provocar el oleaje debido al cambio climático sobre los sistemas costeros, ya que menciona explícitamente que uno de los principales efectos será la erosión de las costas, también menciona las inundaciones costeras de las cuales en el litoral de la CV hemos podido corroborar en los últimos años con los severos temporales de 2016 y 2020.

Para dar un dato más específico el nivel medio del mar aumentó aproximadamente 10cm entre los años 1901 y 2018, luego la tasa media de aumento del nivel del mar entre 1901 y 1971 fue de 1,3mm por año, que posteriormente dicha tasa aumentó entre 1971 y 2006 hasta los 3,7mm por año entre los años 2006 y 2018, lo cual se cree con un nivel de confianza alto que las actividades humanas han estado estrechamente relacionadas con este fenómeno como mínimo desde el año 1971.

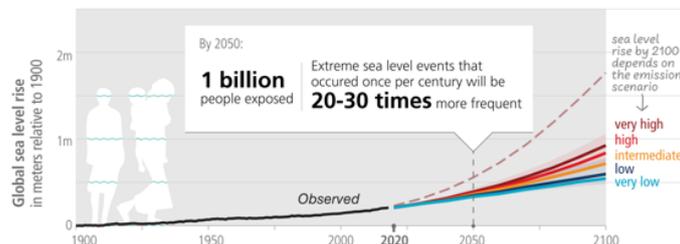


Figura 58, probabilidad de incremento de subida del nivel del mar (fuente: IPCC).

Debido a la serie histórica queda fuera del periodo de estudio en donde se plantearían dichas soluciones, se procederá a recoger datos del IPCC que muestran posibles escenarios a medio y largo plazo donde dependen de la emisión de gases contaminantes. Para la costa mediterránea se predicen los siguientes:

	Escenario	2046–2065		2081–2100	
		Media	Rango probable <sup>c</sup>	Media	Rango probable <sup>d</sup>
Cambio en la temperatura media global del aire en superficie (en °C) <sup>a</sup>	RCP2,6	1,0	0,4 a 1,6	1,0	0,3 a 1,7
	RCP4,5	1,4	0,9 a 2,0	1,8	1,1 a 2,6
	RCP6,0	1,3	0,8 a 1,8	2,2	1,4 a 3,1
	RCP8,5	2,0	1,4 a 2,6	3,7	2,6 a 4,8
Elevación media mundial del nivel del mar (en metros) <sup>b</sup>	RCP2,6	0,24	0,17 a 0,32	0,40	0,26 a 0,55
	RCP4,5	0,26	0,19 a 0,33	0,47	0,32 a 0,63
	RCP6,0	0,25	0,18 a 0,32	0,48	0,33 a 0,63
	RCP8,5	0,30	0,22 a 0,38	0,63	0,45 a 0,82

Figura 59, probabilidad de incremento de la subida del nivel y la temperatura del mar (fuente: IPCC).



**Cabe destacar que a falta de los datos de incremento del nivel el mar en el mediterráneo, se tomarán los datos globales.** Se tomarán los datos de previsión para el 2100 ya que estos corresponderían a los más desfavorables, por lo que obtendremos 3 escenarios posibles, que como se puede apreciar en la ilustración serán los escenarios RCP2,6; RCP6,0; RCP8,5 por lo que se calcularán de la siguiente manera:

*Ecuación 1, cálculo del nivel del mar teniendo en cuenta los escenarios del IPCC*

$$\text{Nivel del Mar}_{RCP} = M_{\text{meteorológica}} + M_{\text{astronómica}} + RCP$$

Por consiguiente, los niveles del mar calculados para cada escenario teniendo en cuenta los datos de marea meteorológica y astronómica junto con los datos de incremento del nivel del mar debido al cambio climático obtenidos del IPCC serán:

$$NM_{RCP2,6} = 0,42m + 0,13m + 0,55m = 1,1m$$

$$NM_{RCP6,0} = 0,42m + 0,13m + 0,63m = 1,18m$$

$$NM_{RCP8,5} = 0,42m + 0,13m + 0,82m = 1,37m$$

Por lo que las profundidades a las que se propagará el oleaje son:

*Tabla 13, profundidades de propagación de oleaje (fuente: elaboración propia)*

SSP1-2,6	5,5+1,1=6,6m
SSP3-6,0	5,5+1,18= 6,68m
SSP4-8,5	5,5+1,37=6,87m

## 11. Propagación de oleaje

Una vez localizada la zona de estudio y los datos de dicha zona, tomando como referencia los datos proporcionados por Puertos del Estado para establecer las condicionantes, para proceder a obtener información del oleaje. En este ítem se analizarán los siguientes datos del oleaje:

- Punto SIMAR.
- Boyas.

La información que proviene de los datos instrumentales (boyas) nos ayudarán para poder describir mejor la zona de Port Saplaya, además, conviene que la zona de estudio esté bastante cerca de una zona tan monitorizada por dichos instrumentos como lo es el Puerto de Valencia, en la siguiente ilustración se mostrará donde dos de ellas están cercanas a la orilla y la otra mar adentro. Dado que ambas estaciones costeras están ahora mismo inactivas se tomará como referencia la boya que se encuentra mar adentro. La boya de valencia tiene las siguientes características:

- Nombre: Boya de Valencia.



- Profundidad: 230m
- Longitud: 0.200 E
- Latitud: 39.510 N



Figura 60, localización de la boya de Valencia (fuente: Puertos del Estado).

Luego, se tendrá que comprobar si la boya está en los que se considera como aguas profundas para proceder al cálculo del oleaje, según la ROM 3.1-99 se considera que el oleaje está en aguas profundas cuando el cociente la profundidad de la boya y la longitud de la onda correspondiente a algún período representativo del oleaje (período pico o medio), además, obtenida mediante el modelo Airy es mayor a 0,5.

$$\frac{d}{L} > 0.5$$

Figura 61, condición de aguas profundas.

Donde:

d: profundidad

L: longitud de ola en aguas profundas, que viene dada por la siguiente expresión

$$L_o = \frac{g \cdot T^2}{2\pi}$$

Figura 62, ecuación de longitud de onda.

Una expresión para calcular dicho período y altura de ola significantes se pueden ver en el informe de régimen extremal escalar de oleaje de la propia boya, como se verá a continuación:



P. de Retorno ( Años)	20.00	50.00	300.00	500.00
Estima Central de Hs (m)	7.32	8.80	12.16	13.22
Banda Sup. 90% Hs	9.21	12.02	19.62	22.34
Valor Esperado de Tp (s)	11.20	12.24	14.30	14.89
Prob. de Exc. en 20 Años	0.64	0.33	0.06	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.64	0.15	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante

Umbral de Excedencia	3.00 (m)	Parametros de la	Alfa = 3.32
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00	Distribucion Weibull	Beta = 0.35
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	4.12	de Excedencias	Gama = 0.61

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

$$T_p = 4.30 H_s^{0.48}$$

Figura 63, tablas de  $T_p$  y  $H_s$  (fuente: Puertos del Estado).

En este caso para obras de regeneración y defensa de playas **según la ROM 0.1-09 la vida útil** que se pide en el caso de protección de rellenos o de márgenes (que es el caso del tramo de costa) **es de 15 años**, dado que nuestro tipo de obra de **regeneración y defensa de playas**. Por lo que con estos datos procedemos a calcular el período de retorno de la siguiente manera:

Ecuación 2, cálculo del período de retorno.

$$T_S(\text{Período de retorno}) = \frac{\text{Vida útil}}{P_f} = \frac{15 \text{ años}}{0,2} = 75 \text{ años}$$

Donde:

$P_f$ = Probabilidad de fallo. La vida útil se dedujo de la siguiente tabla de la ROM 1.0-09.



Tabla 14, vida útil para las distintas estructuras de defensa (fuente: ROM).

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA		ÍNDICE IRE <sup>7</sup>		VIDA ÚTIL MÍNIMA (V <sub>m</sub> ) <sup>7</sup> (años)		
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Puertos abiertos a todo tipo de tráficos	r <sub>3</sub>	Alto	50	
		Puertos para tráficos especializados	r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>1</sup>	Medio (alto) <sup>1</sup>	25 (50) <sup>1</sup>	
	PUERTO PESQUERO		r <sub>2</sub>	Medio	25	
	PUERTO NÁUTICO-DEPORTIVO		r <sub>2</sub>	Medio	25	
	INDUSTRIAL		r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>1</sup>	Medio (alto) <sup>1</sup>	25 (50) <sup>1</sup>	
	MILITAR		r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>2</sup>	Medio (alto) <sup>2</sup>	25 (50) <sup>2</sup>	
	PROTECCIÓN DE RELLENOS O DE MÁRGENES		r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>3</sup>	Medio (alto) <sup>3</sup>	25 (50) <sup>3</sup>	
	ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES <sup>4</sup>		r <sub>3</sub>	Alto	50
		PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO		r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>5</sup>	Medio (alto) <sup>5</sup>	25 (50) <sup>5</sup>
PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES		r <sub>1</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>6</sup>	Bajo (alto) <sup>5</sup>	15 (50) <sup>7</sup>		
REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS		r <sub>1</sub>	Bajo	15		

La probabilidad de fallo se deduce a partir de la vida útil mínima escogida anteriormente por nuestra tipología de obra. Luego, con el período de retorno ya calculado establece la altura de ola significativa para la cual se ha interpolado, para ser más exactos y se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 15, parámetros de oleaje (fuente: elaboración propia).

Hs(m)	9,14
Tp(s)	12,44
L(m)	241,51
D(m)	230
d/L	0,952 > 0,5

Dado que se cumple la condición de aguas profundas, la información recogida en la boya de Valencia no requiere de una transformación adicional, por lo que se podrá tratar con régimen medio y extremal en aguas profundas.



## 8.1 Régimen extremal en aguas profundas y distribución direccional

El régimen extremal lo podemos definir como la probabilidad que describe la ocurrencia de un temporal de cierta altura de riesgo, dado que la seguridad y la operatividad de una costa viene condicionada por la altura de oleaje, ósea, situaciones en la que la altura de oleaje llegue a una altura que ponga en riesgo las dos premisas antes mencionadas.

Para abordar este apartado se muestra a continuación el siguiente resultado de escalares de extremos máximos de oleaje por direcciones, recogidos de **Puertos del Estado**, reflejan básicamente en el eje de las abscisas probabilidad de excedencia anual, en las ordenadas alturas de los temporales.

### REGIMEN EXTREMAL ESCALAR DE OLEAJE

LUGAR : Valencia  
 PARÁMETRO : Altura Significante SERIE ANALIZADA : Sep. 2005 - Feb. 2023  
 PROFUNDIDAD : 230.0

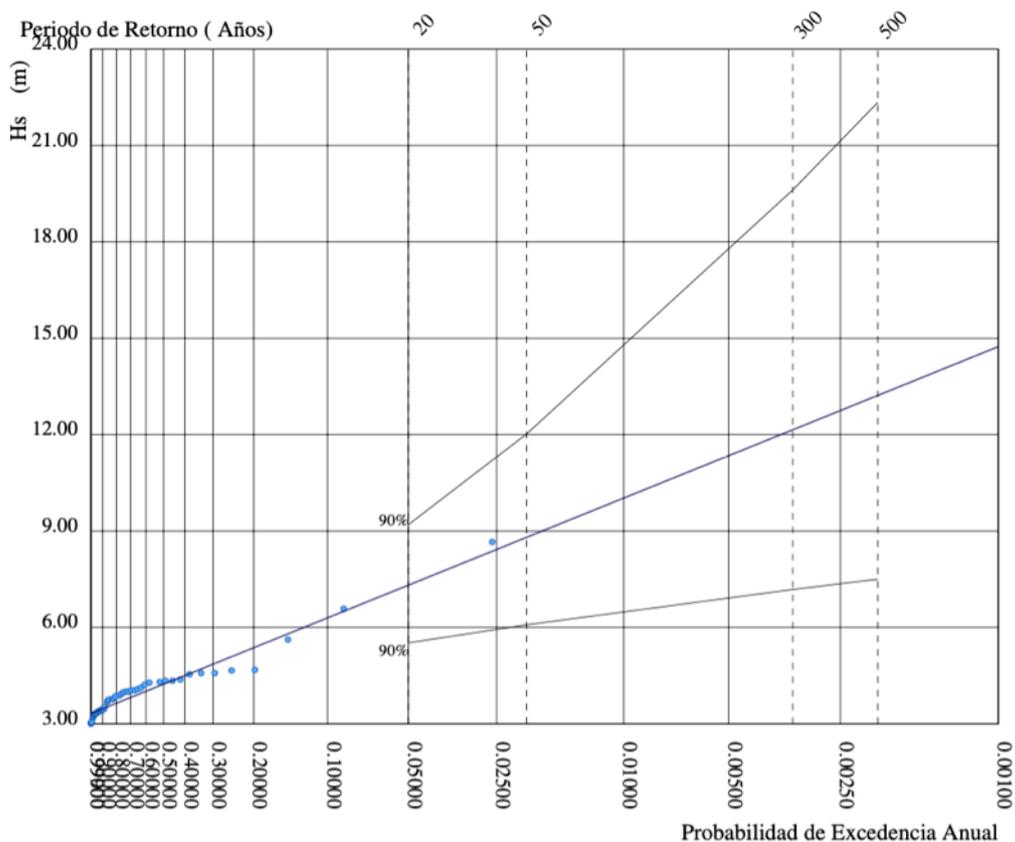


Figura 64, gráfica de probabilidad de excedencia anual de RE escalar de oleaje (fuente: Puertos del Estado).

En esta gráfica se muestran datos del régimen extremal escalar junto con una distribución de Weibull ajustada a ellos con una banda de confianza del 90%. Se puede consultar la altura de los temporales con la probabilidad de superación anual. A continuación, se adjuntan los parámetros de la distribución ajustada y la relación entre la altura de ola significativa y el período pico.



P. de Retorno ( Años)	20.00	50.00	300.00	500.00
Estima Central de Hs (m)	7.32	8.80	12.16	13.22
Banda Sup. 90% Hs	9.21	12.02	19.62	22.34
Valor Esperado de Tp (s)	11.20	12.24	14.30	14.89
Prob. de Exc. en 20 Años	0.64	0.33	0.06	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.64	0.15	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante

Umbral de Excedencia	3.00 (m)	Parametros de la Distribucion Weibull de Excedencias	Alfa = 3.32
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00		Beta = 0.35
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	4.12		Gama = 0.61

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

$$Tp = 4.30 Hs^{0.48}$$

Figura 65, fórmula de  $T_p$  (fuente: Puertos del Estado).

En la siguiente ilustración se muestran las distribuciones de datos por direcciones:

LUGAR : Valencia  
 CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia  
 INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2  
 PERIODO : Global  
 SERIE ANALIZADA : Sep. 2005 - Feb. 2023  
 PORCENTAJE DE CALMAS : 0.79 %

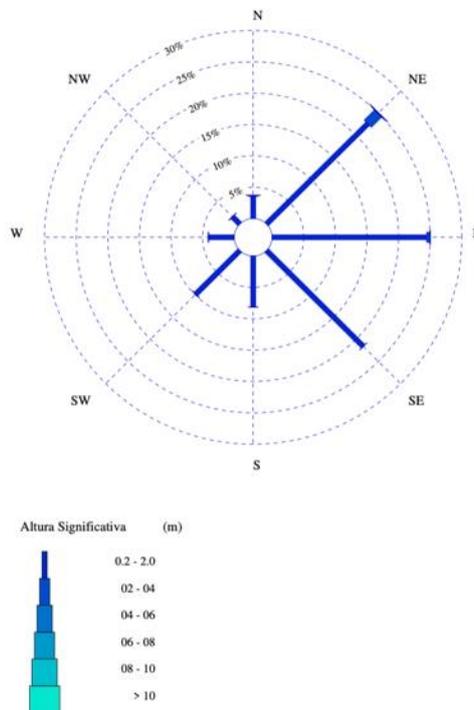


Figura 66, rosa de oleaje (fuente: Puertos del Estado).

**El punto de origen para el estudio de propagación de oleaje como se ha dicho anteriormente en el tramo de costa al norte de Port Saplaya, en la zona del morro del dique Norte. La posición exacta de la boya es 30,5014°N**

*Estudio de soluciones para la estabilización del tramo de costa al norte de Port Saplaya (Alboraya, Comunidad Valenciana)*



0,3167°E, por otra parte, se tendrán en cuenta los efectos de refracción y asomeramiento por disminución de profundidad y orientación de la costa.

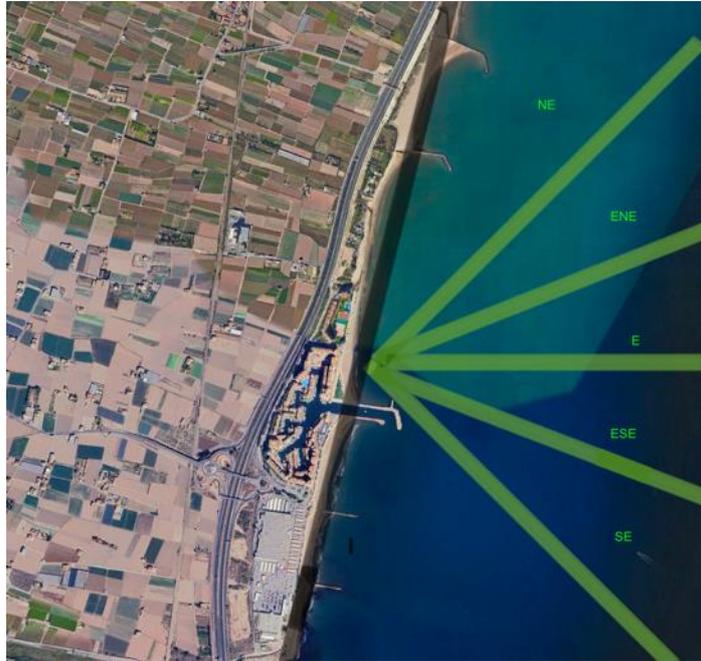


Figura 67, direcciones predominantes de oleaje (fuente: elaboración propia).

Primero será necesario definir los condicionantes: orientación de la costa y batimetría. En la anterior ilustración se puede observar las principales direcciones para las que oleaje incide en nuestra costa. Por lo que solo se considerará. factible el oleaje incidente de NE hasta SE, dichas direcciones fueron tomadas en cuenta por la información mostrada anteriormente de Puertos del estado, pero también de las direcciones recomendadas para la zona de Valencia y Alicante de la ROM 0.3-91.

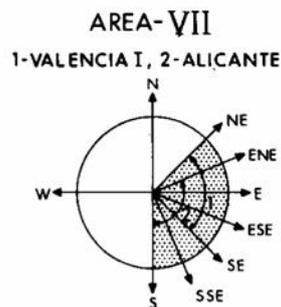


Figura 68, direcciones predominantes de oleaje (fuente: ROM 0.3-91).

A pesar de que dentro de las **direcciones significativas que marca la ROM 0.3-91** propone propagar el oleaje en también **en SSE y SE**, estas **no se considerarán debido a que carecen de coeficiente direccional** para la región de Valencia concretamente. Respecto a las líneas de batimetría se asumirá la simplificación de que todas líneas batimétricas serán rectas y paralelas como se



aprecia en la siguiente ilustración y la profundidad que se tomará de referencia será la profundidad de 5,5m aproximadamente.



Figura 69, batimetría (fuente: Navionics).

Ahora se procederá a **calcular los regímenes escalares direccionales** tomando la altura significativa de ola escalar junto con el período calculados previamente en la tabla, **siguiendo el procedimiento que establece la ROM 0.3-91**, el cual se calcula teniendo en cuenta el ángulo  $\Theta$ , que es el ángulo que forma la dirección del oleaje con la perpendicular a la costa que se está estudiando, a grandes rasgos dicho ángulo se deducirá con el siguiente procedimiento:



Figura 70, procedimiento de cálculo del ángulo que forma el oleaje respecto a la perpendicular a la costa (fuente: elaboración propia).

En este caso se muestra el ángulo que forma el oleaje proveniente del NE con la perpendicular a nuestro tramo de costa, cuyo ángulo  $\Theta = 84^\circ$  para este caso en concreto, luego, para completar el cálculo de la altura de ola significativa en aguas profundas ( $H_{s,0}$ ) se adoptarán los valores del coeficiente de reparto direccional ( $K_\alpha$ ) que aparecen en el atlas de clima marítimo de la ROM 0.3-91:

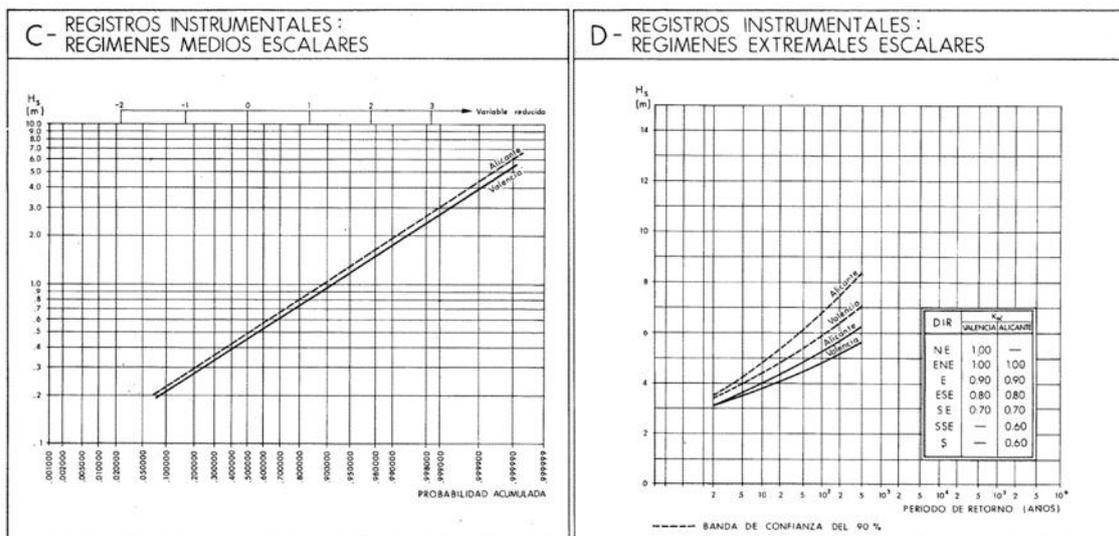


Figura 71, coeficientes direccionales (fuente: ROM 0.3-91).



Luego, como se puede apreciar en la esquina inferior derecha, los valores para los coeficientes de direccionalidad son los siguientes:

- $K_{\alpha,NE}=1,00$
- $K_{\alpha,ENE}=1,00$
- $K_{\alpha,E}=0,9$
- $K_{\alpha,ESE}=0,8$
- $K_{\alpha,SE}=0,7$

Una vez obtenidos los coeficientes direccionales, pasamos al cálculo del coeficiente de refracción-shoaling el cuál se ha determinado con la siguiente expresión:

*Ecuación 3, coeficiente de refracción*

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos\theta_0}{\cos\theta_1}}$$

Siendo  $\theta_0$  el ángulo que forma la perpendicular a la costa de estudio con las distintas direcciones de oleaje, posteriormente con los cálculos obtenidos anteriormente con **los datos de la boya en régimen extremal escalar ( $H_s, T_p, L_0$ )**, la tabla siguiente nos señala el valor de altura de ola significativa ( $H_{s,R}$ ) para cada dirección de oleaje, **siguiendo el procedimiento del apartado 2.7 de la ROM 0.3-91.**

*Tabla 16, cálculo de altura de ola significativa con los coeficientes direccionales (fuente: elaboración propia).*

Dir.Oleaje	Hs	Tp(s)	L0(m)	h(m)	L(m)	Tecta0(°)	Tecta0(rad)	Tecta1(°)	Tecta1(rad)	Kr	Kalfa	Hs,0(m)
NE	9,14	12,44	241,51	5,5	241,42	84	1,466	83,801	1,463	0,984	1	9,290
ENE	9,14	12,44	241,51	5,5	241,42	61,5	1,073	61,461	1,073	0,999	1	9,146
E	9,14	12,44	241,51	5,5	241,42	39	0,681	38,983	0,680	1,000	0,9	8,227
ESE	9,14	12,44	241,51	5,5	241,42	16,5	0,288	16,494	0,288	1,000	0,8	7,312
SE	9,14	12,44	241,51	5,5	241,42	6	0,105	5,998	0,105	1,000	0,7	6,398
SSE	9,14	12,44	241,51	5,5	241,42	28,5	0,497	28,488	0,497	1,000	-	#¡VALOR!
S	9,14	12,44	241,51	5,5	241,42	51	0,890	50,974	0,890	1,000	-	#¡VALOR!

*Tabla 17, parámetros para el cálculo de la altura de ola significativa asociada a una dirección ( $H_{s,0}$ ).*

Hs	Altura de ola significativa en régimen extremal escalar
$L_0$	Longitud de onda.
h	Profundidad de estudio.
L	Longitud de onda en aguas poco profundas.
$\theta_0$	Ángulo que forma el oleaje con la perpendicular a la costa.
$K_r$	Coeficiente de refracción.
$K_\alpha$	Coeficiente direccional.

La expresión empleada para determinar la altura de ola significativa asociada a un período de retorno para una dirección determinada ( $H_{s,0}$ ) es la siguiente:

*Ecuación 4, altura de ola significativa asociada a una dirección.*

$$H_{s,0} = K_r K_\alpha H_{s,RE \text{ escalar}}$$

Luego pasamos al cálculo de propagación de oleaje, con cada dirección y partiendo de cada escenario (RCP, por sus siglas en inglés) de cambio climático como se abordó anteriormente según el IPCC en el apartado de clima marítimo,



por lo que con la ayuda de las siguientes tablas se irá pormenorizando el procedimiento de cálculo:

Tabla 18, cálculo del oleaje de diseño en RE (fuente: elaboración propia).

Régimen extremal	NM+SSP1-2,6(m)		1,1									
NE	Hs(m)	9,290	h(m)	6,6	Tecta0(rad)	1,47	Kr	0,97	n	1,0	Ksh	0,71
	Tp(s)	12,24	L(m)	233,72	Tecta1(rad)	1,46	c(m/s)	19,097	Cg1(m/s)	18,899	H	6,44
	L0(m)	233,86	Tecta0(°)	84	Tecta1(°)	83,68	K	0,027	Cg0(m/s)	9,554	Hrot	3,63
E	Hs(m)	8,227	h(m)	6,6	Tecta0(rad)	1,07	Kr	1,00	n	1,0	Ksh	0,72
	Tp(s)	9,92	L(m)	153,51	Tecta1(rad)	1,07	c(m/s)	15,471	Cg1(m/s)	15,107	H	5,88
	L0(m)	153,73	Tecta0(°)	61,5	Tecta1(°)	61,35	K	0,041	Cg0(m/s)	7,746	Hrot	3,63
ENE	Hs,0(m)	9,146	h(m)	6,6	Tecta0(rad)	0,68	Kr	1,00	n	1,0	Ksh	0,72
	Tp(s)	10,22	L(m)	162,94	Tecta1(rad)	0,68	c(m/s)	15,941	Cg1(m/s)	15,607	H	6,54
	L0(m)	163,12	Tecta0(°)	39	Tecta1(°)	38,95	K	0,039	Cg0(m/s)	7,979	Hrot	3,63
ESE	Hs,0(m)	7,3121	h(m)	6,6	Tecta0(rad)	0,29	Kr	1,000	n	1,0	Ksh	0,717
	Tp(s)	9,60	L(m)	143,77	Tecta1(rad)	0,29	c(m/s)	14,975	Cg1(m/s)	14,576	H	5,24
	L0(m)	143,91	Tecta0(°)	16,5	Tecta1(°)	16,48	K	0,044	Cg0(m/s)	7,495	Hrot	3,63
SE	Hs,0(m)	6,398	h(m)	6,6	Tecta0(rad)	0,10	Kr	1,000	n	1,0	Ksh	0,718
	Tp(s)	9,25	L(m)	133,48	Tecta1(rad)	0,10	c(m/s)	14,433	Cg1(m/s)	13,989	H	4,60
	L0(m)	133,54	Tecta0(°)	6	Tecta1(°)	6,00	K	0,047	Cg0(m/s)	7,220	Hrot	3,63

Régimen extremal	NM+SSP3-6,0(m)		1,18									
NE	Hs(m)	9,290	h(m)	6,68	Tecta0(rad)	1,47	Kr	0,97	n	1,0	Ksh	0,71
	Tp(s)	12,24	L(m)	233,72	Tecta1(rad)	1,46	c(m/s)	19,097	Cg1(m/s)	18,895	H	6,44
	L0(m)	233,86	Tecta0(°)	84	Tecta1(°)	83,68	K	0,027	Cg0(m/s)	9,554	Hrot	3,67
E	Hs(m)	8,227	h(m)	6,68	Tecta0(rad)	1,07	Kr	1,00	n	1,0	Ksh	0,72
	Tp(s)	9,92	L(m)	153,51	Tecta1(rad)	1,07	c(m/s)	15,471	Cg1(m/s)	15,098	H	5,88
	L0(m)	153,73	Tecta0(°)	61,5	Tecta1(°)	61,35	K	0,041	Cg0(m/s)	7,746	Hrot	3,67
ENE	Hs,0(m)	9,146	h(m)	6,68	Tecta0(rad)	0,68	Kr	1,00	n	1,0	Ksh	0,72
	Tp(s)	10,22	L(m)	162,94	Tecta1(rad)	0,68	c(m/s)	15,941	Cg1(m/s)	15,599	H	6,54
	L0(m)	163,12	Tecta0(°)	39	Tecta1(°)	38,95	K	0,039	Cg0(m/s)	7,979	Hrot	3,67
ESE	Hs,0(m)	7,3121	h(m)	6,68	Tecta0(rad)	0,29	Kr	1,000	n	1,0	Ksh	0,717
	Tp(s)	9,60	L(m)	143,77	Tecta1(rad)	0,29	c(m/s)	14,975	Cg1(m/s)	14,566	H	5,24
	L0(m)	143,91	Tecta0(°)	16,5	Tecta1(°)	16,48	K	0,044	Cg0(m/s)	7,495	Hrot	3,67
SE	Hs,0(m)	6,398	h(m)	6,68	Tecta0(rad)	0,10	Kr	1,000	n	1,0	Ksh	0,719
	Tp(s)	9,25	L(m)	133,48	Tecta1(rad)	0,10	c(m/s)	14,433	Cg1(m/s)	13,979	H	4,60
	L0(m)	133,54	Tecta0(°)	6	Tecta1(°)	6,00	K	0,047	Cg0(m/s)	7,220	Hrot	3,67

Régimen extremal	NM+SSP4-8,5(m)		1,37									
NE	Hs(m)	9,290	h(m)	6,87	Tecta0(rad)	1,47	Kr	0,97	n	1,0	Ksh	0,71
	Tp(s)	12,24	L(m)	233,72	Tecta1(rad)	1,46	c(m/s)	19,097	Cg1(m/s)	18,883	H	6,44
	L0(m)	233,86	Tecta0(°)	84	Tecta1(°)	83,68	K	0,027	Cg0(m/s)	9,554	Hrot	3,78
E	Hs(m)	8,227	h(m)	6,87	Tecta0(rad)	1,07	Kr	1,00	n	1,0	Ksh	0,72
	Tp(s)	9,92	L(m)	153,51	Tecta1(rad)	1,07	c(m/s)	15,471	Cg1(m/s)	15,077	H	5,88
	L0(m)	153,73	Tecta0(°)	61,5	Tecta1(°)	61,35	K	0,041	Cg0(m/s)	7,746	Hrot	3,78
ENE	Hs,0(m)	9,146	h(m)	6,87	Tecta0(rad)	0,68	Kr	1,00	n	1,0	Ksh	0,72
	Tp(s)	10,22	L(m)	162,94	Tecta1(rad)	0,68	c(m/s)	15,941	Cg1(m/s)	15,580	H	6,5427
	L0(m)	163,12	Tecta0(°)	39	Tecta1(°)	38,95	K	0,039	Cg0(m/s)	7,979	Hrot	3,7785
ESE	Hs,0(m)	7,3121	h(m)	6,87	Tecta0(rad)	0,29	Kr	1,000	n	1,0	Ksh	0,718
	Tp(s)	9,60	L(m)	143,77	Tecta1(rad)	0,29	c(m/s)	14,975	Cg1(m/s)	14,543	H	5,25
	L0(m)	143,91	Tecta0(°)	16,5	Tecta1(°)	16,48	K	0,044	Cg0(m/s)	7,495	Hrot	3,7785
SE	Hs,0(m)	6,398	h(m)	6,87	Tecta0(rad)	0,10	Kr	1,000	n	1,0	Ksh	0,719
	Tp(s)	9,25	L(m)	133,48	Tecta1(rad)	0,10	c(m/s)	14,433	Cg1(m/s)	13,954	H	4,60
	L0(m)	133,54	Tecta0(°)	6	Tecta1(°)	6,00	K	0,047	Cg0(m/s)	7,220	Hrot	3,7785

Como se puede observar y como se especificó anteriormente, a la profundidad de trabajo que se había establecido en 5,5m se le sumarían los distintos escenarios que se contempla para el incremento del nivel del mar y la suma de la marea astronómica y meteorológica, luego, para el cálculo de L, la cual corresponde a longitud de la ola en aguas poco profundas, cuyo valor fue determinado con la ayuda de la página web Cress.nl.



Input

h      6,60      - +      m

T<sub>m</sub>      12,24      - +      s

H<sub>0</sub>      9,14      - +      m

θ<sub>0</sub>      84,00      - +      °

H      3,52      - +      m

Input

γ      0,55      - +

Output

L<sub>0p</sub>      233,72      - +      m

Figura 72, determinación de parámetros de oleaje (fuentecress.nl).

En el siguiente cuadro se demostrará todos y cada uno de los datos de propagación de olea, junto con la expresión ocupada para su cálculo:

Tabla 19, parámetro para el cálculo de la ola de diseño

Dato	Expresión
θ <sub>1</sub>	$\frac{\text{SEN}\theta_0}{L_0} = \frac{\text{SEN}\theta_1}{L}$
C	T <sub>p</sub> /L
K	2Π/L
n	$(1/2)(1 + \frac{2kh}{\text{senh}(2kh)})$
Gg <sub>0</sub>	L <sub>0</sub> /2T
Gg <sub>1</sub>	C*n
K <sub>sh</sub>	$\sqrt{\frac{Gg_0}{Gg_1}}$
H	H <sub>s</sub> *K <sub>r</sub> *K <sub>sh</sub>
H <sub>rot</sub>	0,55*H

Luego, como se puede ver en las tablas de propagación de oleaje para cada escenario de incremento del nivel del mar (RCP), todas nuestras olas calculadas rompen ya que se cumple la inecuación:

$$H > H_{\text{rot}}$$

$$H = H_d$$

Por lo que, como se muestra en la expresión anterior en todos los casos nuestra ola de diseño será directamente la altura de ola.



## 12. Transporte de sedimentos

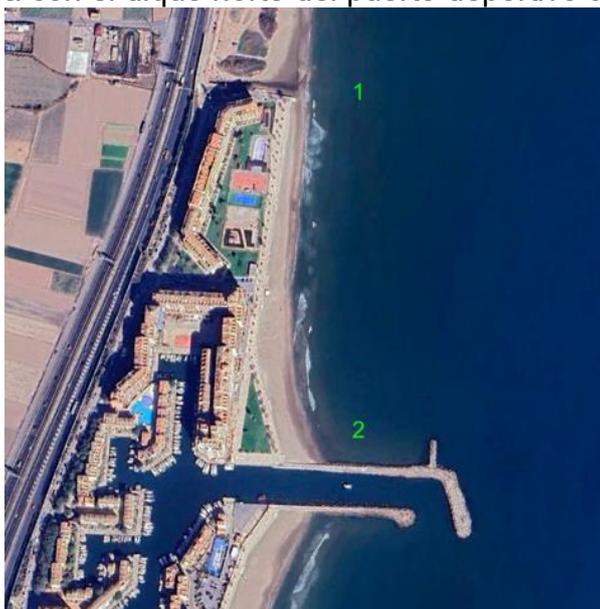
Como bien sabemos, nuestro tramo de estudio será estable cuando los aportes y las pérdidas sean iguales, cabe destacar que este equilibrio litoral estático ocurre en pocas ocasiones, dicho equilibrio se expresa en la siguiente expresión:

*Ecuación 5, ecuación de equilibrio litoral*

$$Q_{entrada} = Q_{salida}$$

Por lo que cuando el caudal de entrada (el cual aporta sedimentos) sea mayor al de salida (Caudal de pérdida de sedimentos) se establecerá como un tramo hiperestable, en caso contrario diremos que el tramo litoral es inestable. Para el cálculo de transporte de sedimentos primeramente delimitaremos la zona en donde calcularemos el transporte de sedimentos.

Como se puede ver en la siguiente ilustración, se procederá calcular el volumen de sedimentos en el punto 1 justo en el norte donde hace frontera con la playa de Meliana y en el punto 2, en la parte sur del emplazamiento objeto de estudio donde se encuentra con el dique norte del puerto deportivo de Port Saplaya.



*Figura 73, puntos de caudal de entrada y de salida (fuente: Google Earth).*

Luego, **nos ayudaremos del programa Google Earth para medir el retroceso de la playa concretamente de 2001 a 2024**, que es el rango de tiempo que Google Earth proporciona para nuestro emplazamiento, por lo cual obtenemos un retroceso de la línea de orilla de aproximadamente 60,65m, así como también la distancia que hay entre el punto 1 y 2 de aproximadamente 454,62m, como se puede apreciar en la siguiente ilustración.

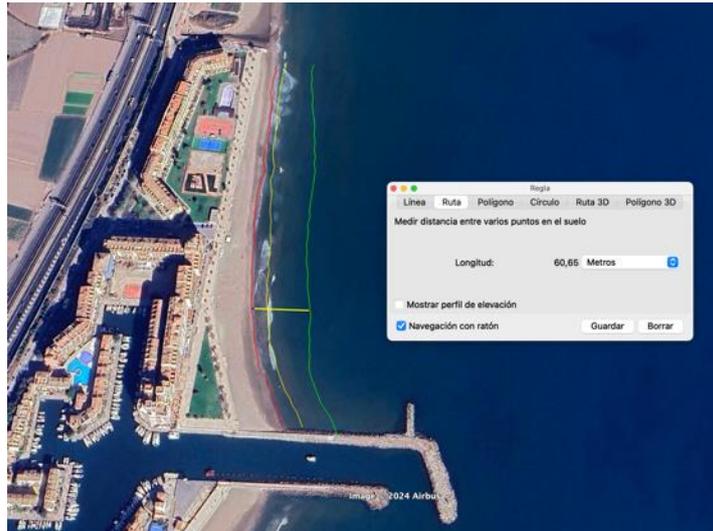


Figura 74, retroceso de la línea de costa entre 2001 y 2024 (fuente: Google Earth).

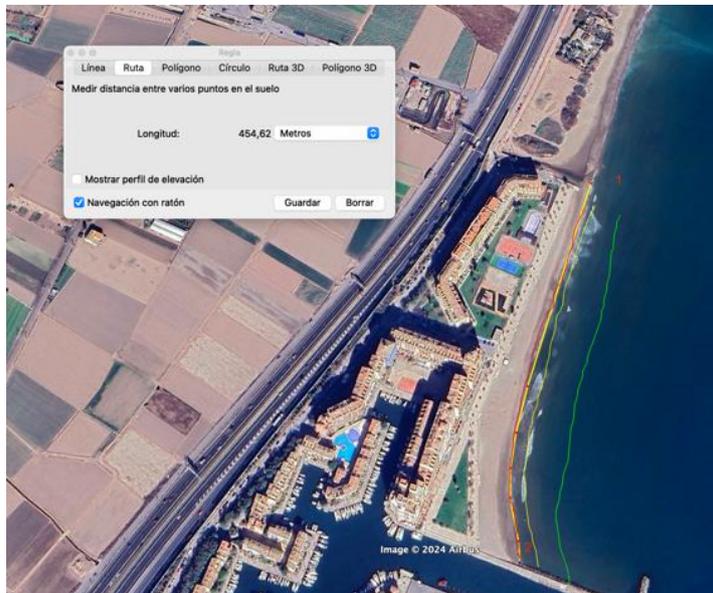


Figura 75, longitud de la costa (fuente: Google Earth)

Para estimar el volumen que se ha movilizado en nuestro emplazamiento durante los 23 años, **se aplicará el método de Longuet-Higgins** el cual sugiere que el perfil no se modificará solamente se desplazará, por lo que hay una profundidad a partir de la cual el perfil de la costa **ya no sufrirá cambios, esta profundidad se conoce como el punto de Cornaglia**, la cual necesitaremos para calcular el volumen movilizado y se calculará con la siguiente expresión:

$$h^* = 1,75H_{s12} - 57,9\left(\frac{H_{s12}^2}{gT_s^2}\right)$$

Ecuación 6, formulación teórica de Birkemeier de la profundidad de cierre o punto de Cornaglia

Siendo:

$H_{s12}$	Altura de Ola significativa superada 12h al año.
$T_s$	Período significativo de oleaje.

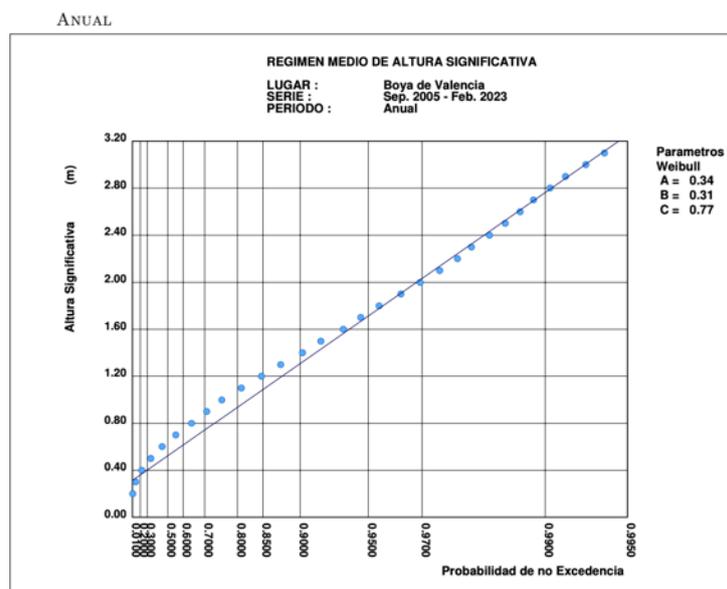
Estudio de soluciones para la estabilización del tramo de costa al norte de Port Saplaya (Alboraya, Comunidad Valenciana)



Para poder calcular  $H_{s12}$  necesitamos la altura de ola significativa cuya probabilidad de excedencia sea de:

$$12/[(365\text{días/año}) \times (24\text{h/día})]=0,0014.$$

Por lo que se recurrirá a la información de Puertos del Estado y nos iremos a los datos que proporciona la Boya de Valencia en régimen medio, que está localizada en dirección Este a nuestra costa por lo que será utilizada para calcular el transporte de sedimentos en el punto 2, se tomará régimen medio ya que la costa no solo se verá afectada por el régimen extremal, por lo que tomaremos las gráficas de altura de ola significantes, la cual se muestra en la siguiente ilustración:



Como se puede ver, la gráfica anual de régimen medio solo nos proporciona una probabilidad de no excedencia del 0,995, la que necesitamos es de  $1-0,0014=0,9986$ , por lo que no podremos deducirla directamente de la gráfica, para solventar dicho percance nos ayudaremos de la distribución de Weibull con los parámetros A,B y C que nos proporciona la propia Boya, donde  $X=H_s$  y  $F_e(x)=0,9986$  para luego resolver de forma iterativa con la ayuda de Excel obtener la altura de ola significativa superada 12h al año.

$$F_e(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - B}{A}\right)^C\right)$$

Figura 76, distribución de Weibull (fuente: Puertos del Estado)

Luego, una vez teniendo  $H_{s12}$  ya tendríamos todos los datos para calcular el punto de Cornaglia( $h^*$ ), los resultados son los siguientes:



Tabla 20, parámetros calculados para determinar el punto de Cornaglia (fuente: elaboración propia).

P no excedencia	0,99863014
P excedencia	0,00136986
A	0,18
B	0,26
C	0,72
Hs12(m)	2,73110935
Diferencia^2	9,3075E-22
weibull	0,99863014
Tp(s)	32,0735207
Punto de Cornaglia(m)	4,73660256

Por lo tanto, se deduce que, a partir de una profundidad de 4,74m ya no hay movimiento de sedimentos en fondo marino, por lo tanto, el perfil de playa ya no se modifica, en la siguiente ilustración se verá de manera más clara el perfil de la playa donde **la parte sombreada en rojo es el área de avance ( $A_a$ )** y  $h_b$  **corresponde a la altura de la playa seca**:

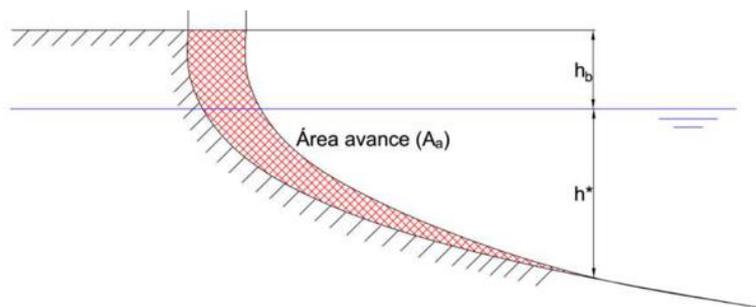


Figura 77, representación para definir el área de avance.

En este caso la altura de la **playa seca corresponde a la carrera de marea**, la cual se ha calculado con los datos recogidos en el **Anejo de Clima marítimo concretamente del mareógrafo de Sagunto**. En la siguiente tabla se muestra el procedimiento los resultados del potencial de campo (Q) por el método de Longet-Higgins:



Tabla 21, parámetros para definir el caudal de salida (fuente: elaboración propia).

Retroceso de la Línea de orilla(m)	60,65
Carrera de marea(m)	1
Área de acreción (m <sup>2</sup> )	347,92495
Vol(m <sup>3</sup> )	79086,819
Ap1(m <sup>2</sup> )	0
d12(m)	454,62
Años(2001-2024)	23
Q2(m <sup>3</sup> /año)	3438,5574

Los datos de retroceso de la línea de orilla y de la distancia entre el punto 1 y 2 (d12) son los que se dedujeron anteriormente de las ilustraciones de Google Earth, los demás datos se describirán a continuación en la siguiente tabla:

Área de acreción (A <sub>a</sub> )	L <sub>orilla</sub> x (CM+h*)
Volumen (Vol)	(A <sub>p1</sub> +A <sub>a</sub> ) /2*d <sub>12</sub>
Caudal en el punto (Q <sub>2</sub> )	Vol/años

Como se puede apreciar tenemos un caudal en el punto 2 (al sur de la playa) de aproximadamente 3438,56 m<sup>3</sup>/años, por lo que con este valor calculado del caudal en el punto 2 con los datos de campo, **se procederá a calcular con la fórmula del CERC el transporte de sedimentos en el punto 2**, se deberá calibrar dicha fórmula, concretamente el valor del coeficiente geométrico (K<sub>g</sub>) al cual se le dará inicialmente un valor para posteriormente calibrar dicho coeficiente con la ayuda de Excel de manera iterativa con la herramienta SOLVER. La fórmula del CERC es la siguiente:

*Ecuación 7, ecuación del CERC.*

$$Q \text{ (m}^3\text{/año)} = \sum [2,027 \cdot 10^6 \cdot H_0^{5/2} \cdot \text{sen}(2\alpha_0) \cdot \text{cos}(\alpha_0)^{1/4} \cdot K_p \cdot K_g]$$

H<sub>0</sub> = altura de ola significativa en profundidades indefinidas

α<sub>0</sub> = dirección del oleaje en profundidades indefinidas respecto de la normal de la costa

K<sub>p</sub> = probabilidad, en tanto por uno, de presentación de una altura de ola en una determi

K<sub>g</sub> = coeficiente geométrico

Donde K<sub>p</sub> lo tomaremos para el caudal de salida, de la boya de valencia en RM anual, la cual nos proporcionar los siguientes valores:



Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Hs (m)											Total		
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	> 5.0			
CALMAS	2.170											2.170		
N	0.0	.323	.559	.431	.192	.045	.016	.002	-	-	-	1.568		
NNE	22.5	.758	1.886	1.306	.535	.131	.061	.016	.002	.002	-	4.697		
NE	45.0	2.093	5.037	2.788	1.137	.553	.293	.187	.092	.025	.014	.045		
ENE	67.5	4.212	7.442	3.309	1.387	.634	.284	.169	.074	.023	.009	.007		
E	90.0	5.351	4.938	.981	.284	.106	.029	.023	.007	-	-	11.719		
ESE	112.5	5.461	3.246	.386	.070	.011	.009	.002	.002	-	-	9.188		
SE	135.0	6.061	4.286	.259	.034	.007	-	-	-	-	-	10.647		
SSE	157.5	3.889	5.421	1.236	.122	.007	-	-	-	-	-	10.674		
S	180.0	1.191	1.062	.158	.016	-	-	-	-	-	-	2.427		
SSW	202.5	.796	1.006	.176	.029	-	-	-	-	-	-	2.008		
SW	225.0	.986	2.664	1.004	.065	-	-	-	-	-	-	4.719		
WSW	247.5	.453	2.432	2.716	.668	.079	.009	.002	-	-	-	6.359		
W	270.0	.153	.582	.546	.149	.032	.005	-	-	-	-	1.466		
WNW	292.5	.129	.302	.311	.113	.011	-	-	-	-	-	.866		
NW	315.0	.111	.316	.318	.111	.009	-	-	-	-	-	.864		
NNW	337.5	.153	.318	.219	.102	.011	.002	.007	-	-	-	.812		
Total		2.170	32.120	41.498	16.145	5.012	1.635	.708	.408	.178	.050	.023	.052	100 %

Luego una vez teniendo los valores probabilísticos de altura de ola y ya habiendo iterado el valor de  $K_g$  los caudales en función de las direcciones predominantes nos arrojan los siguientes valores:

Tabla 22, caudales en distintas direcciones (fuente: elaboración propia).

Calibración de $K_g$ con la fórmula del CERC													
Dirección	Punto 2 Áng. Costa Ángulo(grados)	K <sub>g</sub> 0,0305 39	Hs										
			0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
N	129,5	2,2602014	5,504034643	53,8846955	114,48776	104,69594	42,866316	24,042341	4,4182851	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
NNE	106,5	1,8587757	3,199936126	45,0390044	85,944565	72,272964	30,91494	22,708062	8,7566338	1,5283649	2,0516741	#VALOR!	#VALOR!
NE	84	1,4660766	1,241378556	16,899815	25,776914	21,579703	18,335179	15,324304	14,378769	9,8775174	3,6031413	2,625808478	10,71098071
ENE	61,5	1,0733775	46,00067463	459,769855	563,34668	484,73265	387,07053	273,50943	239,28068	146,29602	61,039357	31,08267216	30,68001667
E	39	0,6806784	111,0103505	579,501545	317,2493	188,53711	122,93043	53,052353	61,858795	26,287636	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
ESE	16,5	0,2879793	77,82863973	261,692194	85,754655	31,923851	8,7636487	11,310659	3,6952375	5,1596736	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
SE	-6	-0,1047198	-34,2025966	-136,81759	-22,783356	-6,1396511	-2,2081971	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
SSE	-28,5	-0,4974188	-78,2256868	-616,8305	-387,55474	-78,527406	-7,871083	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
S	-51	-0,8901179	-20,0082679	-100,92465	-41,376901	-8,6013713	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
SSW	-73,5	-1,282817	-3,36035509	-24,023986	-11,582116	-3,9175999	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
SW	-96	-1,6755161	-0,58480614	-8,1596883	-9,2826475	-1,2336681	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
WSW	-118,5	-2,0682152	-4,947366	-150,24997	-462,39033	-233,45452	-48,231186	-8,6675524	-2,8317241	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
W	-141	-2,4609142	-3,17409524	-68,300911	-176,573	-98,915595	-37,111073	-9,1469573	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
WNW	-163,5	-2,8536133	-1,8384718	-24,34721	-69,092481	-51,534217	-8,7636487	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
NW	-186	-3,2463124	0,626379842	10,0873448	27,973387	20,044155	2,8391106	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
NNW	-208,5	-3,6390115	3,077534093	36,1837481	68,668679	65,654061	12,368845	3,5474768	18,253854	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!

Señaladas en color verde están las direcciones predominantes de oleaje que se tomarán en cuenta, las demás no porque vendrían de tierra lo cual carece de lógica, una vez obtenidos estos datos procedemos a hacer el sumatorio de todos esos caudales, por lo que el caudal de salida de transporte de sedimentos nos quedaría así:

Tabla 23, calibración de la ecuación del CERC (fuente: elaboración propia).

Form. CERC(m <sup>3</sup> /año)	3438,5574		
Poten. Campo(m <sup>3</sup> /año)	3438,5574	Diferencia	2,068E-25

Dicha diferencia nos permitió iterar para ajustar el valor de  $K_g$  aproximándolo lo más posible al resultado del potencial de campo. Teniendo el valor del coeficiente geométrico ajustado procedemos a calcular de la misma manera el caudal de transporte de sedimentos en el punto 1 (caudal de entrada). Cabe destacar que para el punto 1 tomaremos los datos de oleaje del Nodo SIMAR 2081115, cuyos resultados veremos en la siguiente tabla:



Tabla 24, resultados de caudales calibrados con SOLVER (fuente: elaboración propia).

Calibración de Kg con la fórmula del CERC														
Punto 2		Kg												
Áng. Costa		Hs												
Dirección	Ángulo(grados)	Ángulo(rad)	0,0305	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
N	129,5		2,260201381	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNE	106,5		1,858775653	0	0	0	0	0	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
NE	84		1,466076572	0,4537289	1,92249	0,8228642	0,2657131	0,0331558	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
ENE	61,5		1,07337749	40,802118	169,958	127,17436	73,740873	55,557442	38,522455	21,23793	3,9539466	5,30777	3,4536302	17,531438
E	39		0,680678408	351,82667	977,571	425,90961	245,62933	78,86103	16,464523	10,75805	7,5107531	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
ESE	16,5		0,287979327	224,69261	291,199	59,781684	25,083026	11,95043	1,2567399	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
SE	-6		-0,104719755	-54,743341	-84,466	-8,6207283	-0,541734	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
SSE	-28,5		-0,497418837	-17,399131	-24,35	-4,7033342	-1,287335	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
S	-51		-0,890117919	0	0	0	0	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
SSW	-73,5		-1,282817	0	0	0	0	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
SW	-96		-1,675516082	0	0	0	0	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
WSW	-118,5		-2,068215164	0	0	0	0	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
W	-141		-2,460914245	0	0	0	0	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
WNW	-163,5		-2,853613327	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	-186		-3,246312409	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	-208,5		-3,639011449	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Form. CERC (m³/año)			3093,101595											

Como se puede interpretar de los resultados obtenidos en los caudales de entrada y salida, vemos que nuestra playa es un tramo inestable puesto que  $Q_{Salida} > Q_{Entrada}$ . Este resultado nos indica en otras palabras de que en nuestro tramo de playa se acumula mayor volumen de sedimentos hacia el sur, dejándonos un perfil de playa más apoyada como podemos ver en las siguientes ilustraciones:

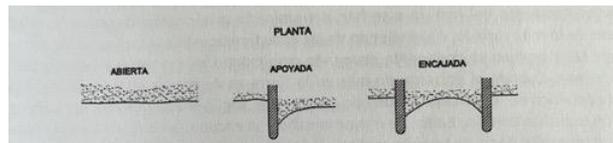


Figura 78, distintas tipologías de playas (fuente: CEDEX).



Figura 79, representación de caudales de entrada y de salida (fuente: Google Earth).

### 13. Estudio de soluciones

Dentro de las alternativas que se proponen para solucionar los problemas de erosión de nuestra costa son los siguientes:

- Alternativa 1: Aportación artificial de arena.
- Alternativa 2: Dique exento.

Estudio de soluciones para la estabilización del tramo de costa al norte de Port Saplanya (Alboraya, Comunidad Valenciana)



- Alternativa 3: Eliminación del espigón sur de la playa de Meliana e incorporación de un dique exento.
- Alternativa 4: No realizar ninguna acción.

El objetivo de este anejo es desarrollar de manera parcial las alternativas antes propuestas para de esta manera escoger la opción que mejor responda a la problemática del tramo de costa. Los parámetros para cumplir deben ser:

- **Estabilización del tramo de costa**, de modo que la alternativa que sea seleccionada consiga que la erosión no vuelva a dejar a la playa en las mismas condiciones que se encuentra hoy en día.
- **Hacer que la línea de costa avance**, de modo que la alternativa que se escoja pueda garantizar al menos el ancho de playa que se tenía en 2001 en su punto más erosionado (extremo norte), para que de esta manera la playa pueda albergar más oferta turística y a la vez, se pueda proteger mejor frente a temporales.
- **Menor impacto paisajístico**, de manera que se escoja afecte lo menos posible al impacto visual del paisaje.
- **Viabilidad económica**, por lo que la alternativa debe presentar un presupuesto ejecución lo más atractivo posible y rentable.

### 10.1 Alternativa 1: Aportación artificial de arena

Esta alternativa lo que busca es parar la erosión mediante una aportación de arena mediante medios artificiales y luego, con cierta periodicidad realizar rellenos de mantenimiento para mantener el ancho de la playa. El objetivo será alcanzar el ancho de costa que se tenía en el año 2001, el cual alcanzaba los 60m aproximadamente, en el punto de mayor erosión (en el extremo norte, colindando con la Playa de Meliana). **Esta alternativa no contempla proyectar una nueva obra de defensa (espigón) por lo que la aportación de sedimento se extenderá también por la playa de Meliana** para aprovechar el espigón sur de dicha playa y evitar rigidizar más la costa afectando a la dinámica litoral, **se asumirá que las características sedimentarias de ambas playas son iguales debido a su proximidad.**

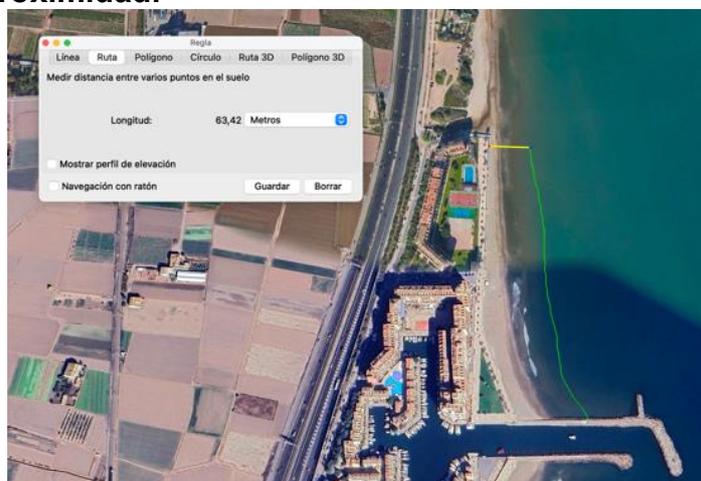


Figura 80, ancho de playa en el extremo norte respecto del año 2001.

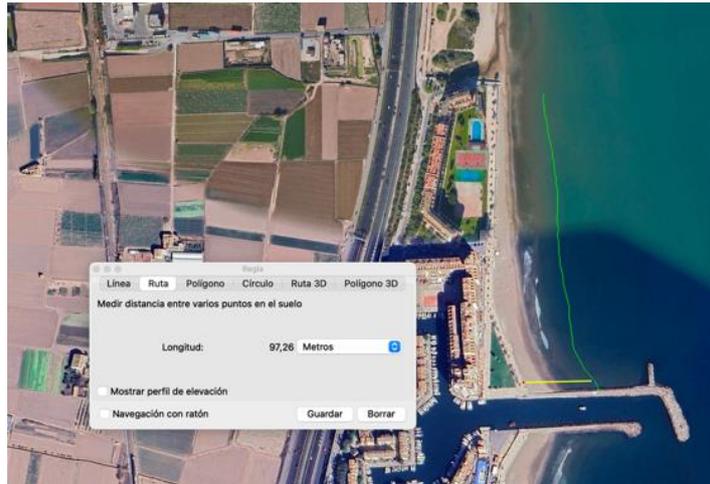


Figura 81, ancho de playa en el extremo sur respecto del año 2001

Como podemos ver y como se ha dicho anteriormente, tenemos una playa que ha tomado una forma de playa apoyada, esto se ha debido en gran parte a que en el transporte sedimentario observamos que hay más volumen de salida más alto respecto al que tenemos de entrada. En las ilustraciones veremos la diferencia respecto al año 2001, en el extremo norte se ha pasado de un ancho de playa de 63m a uno de 30m aproximadamente, mientras que en el extremo sur hemos pasado de un ancho de playa de casi 100m a uno de 41m.

Por lo que en ambos extremos hemos visto una erosión de por lo menos el 50% del ancho de costa. Una vez vistos y de manera global dimensionados los problemas de erosión que perjudican a la playa procederemos a materializarlo.

### 10.1.1 Materiales de préstamo: compatibilidad con el sedimento nativo

Antes de decidir de donde vamos a proveernos de áridos para la aportación cabe destacar que es materialmente imposible encontrar una arena que sea 100% compatible con nuestra arena nativa en cuestión, dicho esto se procurará proponer un material natural o artificial lo más compatible posible con el nativo.

Por lo que, primeramente, **caracterizaremos el material de la zona de aportación (Playa de Port Saplaya)**, por lo que nos basaremos en los trabajos de muestreo y caracterización realizados en el **“Estudio ambiental para el dragado y la reubicación de los materiales a dragar en el puerto deportivo de Port Saplaya (Alboraya-Valencia)”**, el cual llevo a cabo un trabajo de campo mediante una draga la cual realizó un muestreo en los puntos que veremos a continuación:

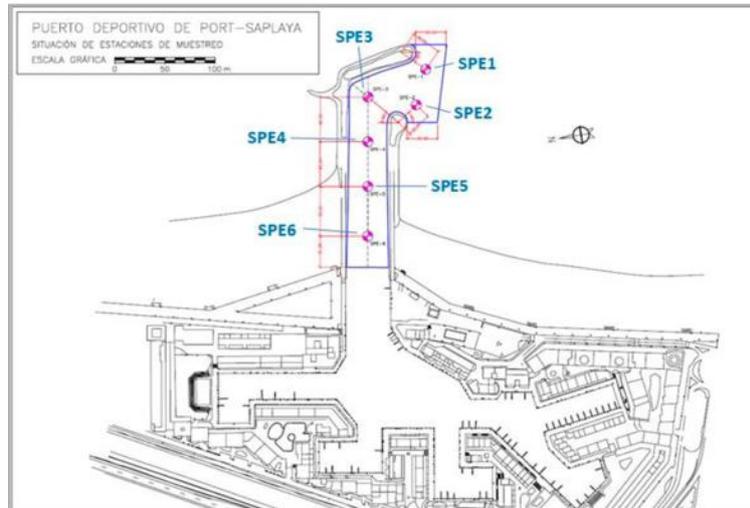


Figura 82, estaciones de muestreo.

Como se puede ver se han tomado un total de 3 estaciones de muestreo de los cuales muestras que fueron tomadas en los meses de febrero y marzo de 2023. Por otra parte, se analizaron un total de 3 muestras con los código SPE1-SPE2, SPE3-SPE4 y SPE5-SPE6 cuya caracterización granulométrica se verá en la siguiente tabla:

Tabla 25, caracterización de sedimentos en Port Saplaya (fuente: Estudio ambiental para el dragado y la reubicación de los materiales a dragar en el puerto deportivo de Port Saplaya (Alboraya-Valencia)).

Estación	SPE1-SPE2	SPE3-SPE4	SPE5-SPE6
D50	0,17	0,15	0,11
% Gravas	5,09	1,10	0,00
% Arenas	94,75	95,92	80,50
% Finos	0,16	2,98	19,50

Con estos resultados porcentuales podemos aseverar de que la mayoría del material analizado es caracterizado como arena, también se puede apreciar que el D50 que es el diámetro que corresponde al 50 % del material analizado entra dentro de la categoría de arena, de igual manera el porcentaje de gravas y finos es notablemente minoritario respecto al de arena.

Teniendo el material sedimentario caracterizado en la zona de aportación caracterizado, procedemos a caracterizar el material de la zona de extracción. Para la zona de extracción se ha tomado como propuesta el yacimiento ocupado para el “**Proyecto de Regeneración de las Playas del Saler y Garrofera**”, debido a la similitud y cercanía respecto a nuestra costa objeto de estudio.

Este es un yacimiento submarino ubicado frente a las costas de Valencia con DIA favorable que data del 20 de septiembre de 2013. La zona es un polígono de préstamo con un área que se extiende hasta 26 km<sup>2</sup> a unos 10 km de distancia de las costas de la ciudad de Valencia cuya profundidad media es de 65m y la máxima de 80m.

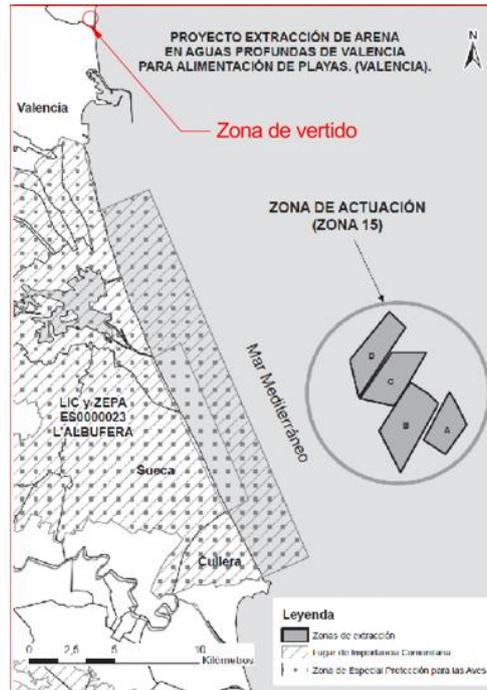


Figura 83, situación de los polígonos de préstamo (fuente: BOE)

El estudio de impacto ambiental del proyecto caracteriza el material sedimentario del polígono mediante el “Estudio de caracterización sedimentológica y bionómica de zonas en aguas profundas de Valencia y Alicante” del Ministerio de Medio Ambiente realizado por INTECSA INARSA S.A la cual fue adjudicataria de los trabajos que se realizaron casi 280 sondeos por el método de vibración. A continuación, se expondrán en la siguiente tabla los resultados promedios de cada vibro correspondientes al polígono en cuestión:

Tabla 26, resultados de los distintos vibros (fuente: Estudio ambiental para el dragado y la reubicación de los materiales a dragar en el puerto deportivo de Port Saplaya (Alboraya-Valencia).

VIBRO	Tamiz										
	4,75	2	1	0,71	0,5	0,42	0,25	0,16	0,125	0,074	0,063
V-183	94,2	91,3	88,3	84,5	76,7	70,7	48,4	34,7	33,4	32,0	25,5
V-184	94,2	92,6	90,5	87,5	79,2	66,7	22,7	10,7	9,6	9,4	9,2
V-194	99,2	98,1	96,5	93,7	85,3	71,2	26,5	14,0	13,4	12,7	12,5
V-195	98,4	96,6	91,9	88,4	76,0	63,9	21,4	8,8	8,1	7,9	7,5
V-196	97,2	95,1	91,1	85,6	76,0	67,5	36,4	27,6	26,9	25,6	25,2
V-210	93,1	89,0	84,6	80,2	70,9	63,7	21,0	12,7	11,4	11,0	10,8
V-208	96,5	91,5	85,4	79,2	67,2	55,2	22,8	17,1	16,8	16,5	16,3
V-211	89,1	84,4	78,9	74,2	61,4	54,1	19,0	13,3	12,4	11,4	11,2
Pol-1	95,2	92,3	88,4	84,2	74,1	64,1	27,9	17,4	16,5	15,8	14,8

Luego, de la tabla anterior podemos obtener las siguientes características:

**$D_{84}=0,07\text{mm}$**

**$D_{50}=0,32\text{mm}$**

**$D_{16}=0,80\text{mm}$**



Siendo ligeramente superior el grano de la zona de aportación puesto que no supone un problema dado que los granos más gruesos tienen mayores de estancia que los finos, además de que el perfil de playa será más pendiente si el grano del polígono de préstamo es más grueso que el nativo., podemos afirmar que **la arena de la zona de extracción es apta para depositar en el tramo de costa objeto de estudio.**

Factor de sobrerrelleno.

El factor de sobre relleno tiene como objetivo tener en cuenta las posibles pérdidas debidas a las diferencias de diámetro entre ambas granulometrías (entre la nativa y la de préstamo). Por lo que necesitaremos calcular el diámetro medio de la curva granulométrica (M) y la desviación típica de tamaños de la curva granulométrica ( $\sigma$ ) con las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_{\phi} = (\phi_{84} - \phi_{16}) / 2$$

$$M_{\phi} = (\phi_{84} + \phi_{16}) / 2$$

Por otro lado, necesitaremos pasar los D50 del material nativo y de préstamo a unidades  $\phi$  con la siguiente expresión:

$$\phi = -\ln(D) / \ln(2)$$

Siendo D el diámetro expresado en mm. Luego, los datos que necesitamos los datos que necesitaremos para el cálculo del sobrerrelleno estarán en el siguiente cuadro:

$\theta_{84,n}$	3,84
$\theta_{16,n}$	0,32
$\theta_{84,b}$	2,25
$\theta_{16,b}$	3,42

Por lo que aplicando las expresiones arriba mencionadas y ayudándonos del ábaco de James para el factor del sobrerrelleno, calculando los siguientes cocientes:

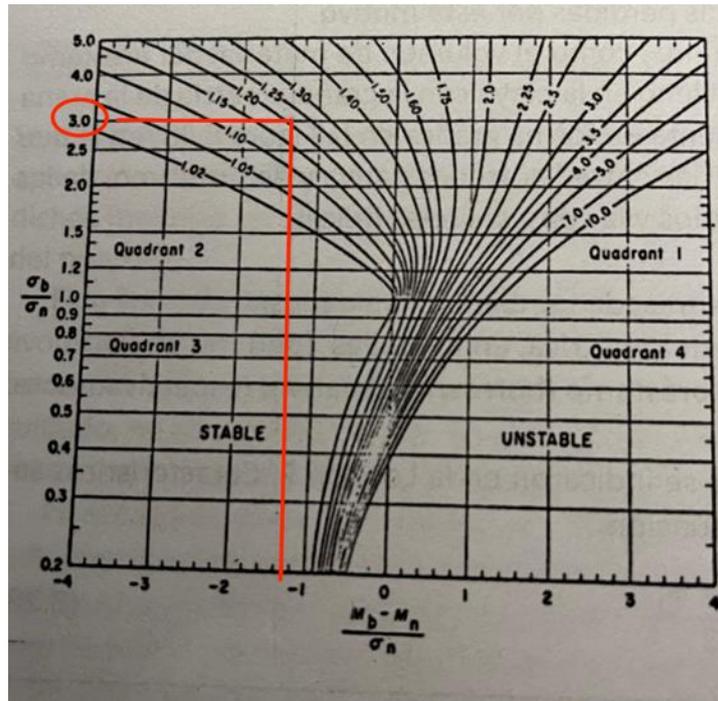
$$Mb - Mn / \sigma_n = -1,3$$

$$\sigma_b / \sigma_n = 3,00$$

Ahora lo ubicamos en dicho ábaco tomado del CEDEX:



Tabla 27, ábaco para determinar el factor de sobrerrelleno (fuente: CEDEX).



Teniendo en cuenta las siguientes premisas:

- **Cuadrante 1:** Material de préstamo más fino y peor graduado que el material nativo
- **Cuadrante 2:** Material de préstamo más grueso y peor graduado que el material nativo
- **Cuadrante 3:** Material de préstamo más grueso y mejor graduado que el material nativo
- **Cuadrante 4:** Material de préstamo más fino y mejor graduado que el material nativo

Vemos que en el ábaco de James con los resultados arrojados por ambos cocientes nos ubicamos en el cuadrante 2, **por lo que nuestro factor de sobrerrelleno será 1,2 aproximadamente**. Una vez teniendo el factor de sobrerrelleno pasamos al cálculo del volumen de aportación.

### 10.1.2 Volumen de aportación

Para ello se han realizado un perfil de invierno y de verano de la playa norte de Port Saplaya, se han tomado los respectivos anchos de **escarpe, playa seca, estrán y playa sumergida** en aproximadamente 13 puntos (distancia aleatoria) como se puede ver en la siguiente ilustración.



Figura 84, puntos tomados para la caracterización del perfil de playa (fuente: Google Earth).

En ambos perfiles la zona de playa sumergida termina en el punto de Cornaglia, calculado en el **Anejo 9. Transporte de sedimentos**, dicho cálculo nos arrojó una profundidad de aproximadamente 4,73m en el punto de Cornaglia. Nos apoyaremos del perfil más desfavorable, ósea, el perfil que nos arroje un menor ancho de playa que por lo general suele ser el de invierno para que de esta manera nos quedemos del lado de la seguridad a la hora de proporcionar el volumen de relleno a verter en la costa. De igual manera compararemos ambos perfiles para ver si el cambio es significativo.

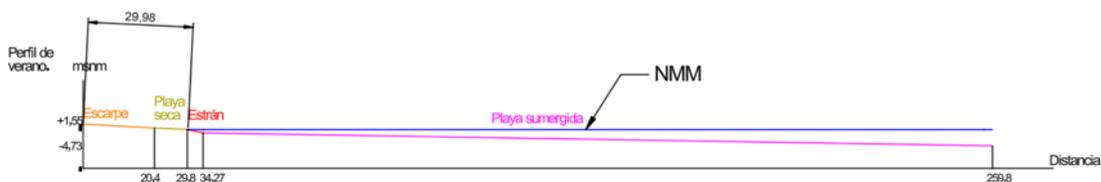


Figura 85, perfil de verano de la playa (fuente: elaboración propia).

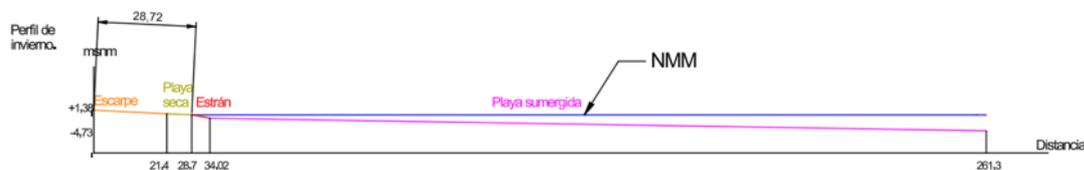


Figura 86, perfil de invierno de la playa (fuente: elaboración propia).

Como podemos observar, era de esperar que nuestro perfil de invierno tenga una línea de orilla más adelantada ya que en invierno es normal de que la marea le gane terreno a la playa, por lo que tendremos una zona de escarpe y playa seca más ancha. Cabe mencionar que el NMM que hemos tomado como referencia es del mareógrafo de Sagunto, el cual está a 4cm por del CERO REDMAR.



Luego, vemos que ese desfase en la línea de orilla es de aproximadamente de 1,1m por lo que para quedarnos del lado de la seguridad procederemos a realizar el cálculo del volumen del relleno inicial para poder conseguir ese ancho de playa de 60m en la parte más erosionada de la playa, por lo que tomaremos como referencia el perfil de invierno para el cálculo del volumen de aportación a la playa.



Figura 87, volumen de aportación (fuente: elaboración propia).

Ayudándonos de la herramienta **MEDIRGEOM de AutoCAD** calculamos el área transversal de arena para luego multiplicarla por la longitud aproximada de la costa lo cual nos arroja un **volumen de aportación de 36016,7 m<sup>3</sup>**. Por último, la opción más recomendable para llevar a cabo el dragado del yacimiento submarino sería una draga de succión en marcha pequeña.



Figura 88, terreno regenerado en planta (fuente: Google Earth).

### 10.1.3 Valoración económica

	Código	Unidad	Resumen	Cantidad	Precio (euros)	Total(euros)
Cap. 1: Actuaciones previas	U001	Part. Alz.	Replanteo inicial, partida alzada de replanteo toma y procesamiento de datos	1	4500	4500
	U003	m3	Dragado y transporte, realizado mediante draga de succión en marcha.	36016,7	7	252116,9
Cap. 2: Obras de dragado y mov. De tierras.	U003	h	Retroexcavadora, para perfilado y extendido del vertido	36016,7	20,66	9301,31
				<b>Importe total(euros):</b>		<b>265918,213</b>

Por lo que el importe total asciende aproximadamente a los **265918,213 €**.



## 10.2 Dique exento

El desarrollo de esta alternativa se basará en el diseño en planta del dique exento y el diseño estructural de este, así como el cálculo para ganar ancho de playa en nuestro tramo de costa. Cabe mencionar que se pretende que el dique exento esté ubicado entre la playa norte de Port Saplaya y la parte sur de la playa de Meliana, por lo que el dique hará efecto en ambas playas, como se verá en la siguiente ilustración la situación del dique.

### 10.2.1 Diseño en planta

Para el diseño del dique exento en planta se procederá con el **criterio de Hsu y Silvester (1990,1997)**, los parámetros estarán representados en la ilustración que está a continuación y se irán desarrollando uno a uno.

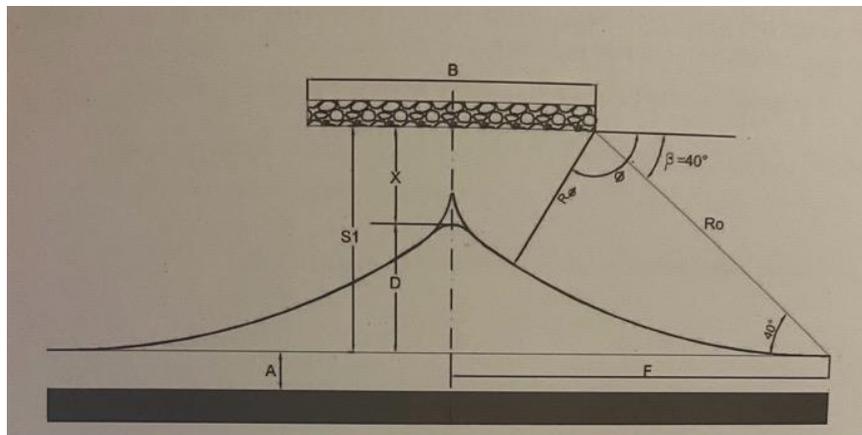


Figura 89, parámetros de un dique exento (fuente:CEDEX).

Para ello primeramente deberemos definir el ancho mínimo de la playa (A) y la longitud del hemitómbolo (D). **El ancho mínimo que se prevé es de 30m** debido a que este es el ancho mínimo estipulado para las playas urbanas españolas, en cuanto a longitud del hemitómbolo nos extenderemos un poco más.

La longitud del hemitómbolo la deduciremos del gráfico que relación el largo del dique exento (B) y la distancia del dique exento a la tangente formada por la costa ( $S_1$ ) de Hsu y Silvester, puesto que nos interesa un hemitómbolo importante para así ganar más ancho de playa partiremos de la siguiente relación entre  $S_1$  y B, para la formación de un hemitómbolo muy desarrollado.

*Ecuación 8, línea de referencia para la formación de un hemitómbolo muy desarrollado.*

$$\frac{S_1}{B} = 0,92$$

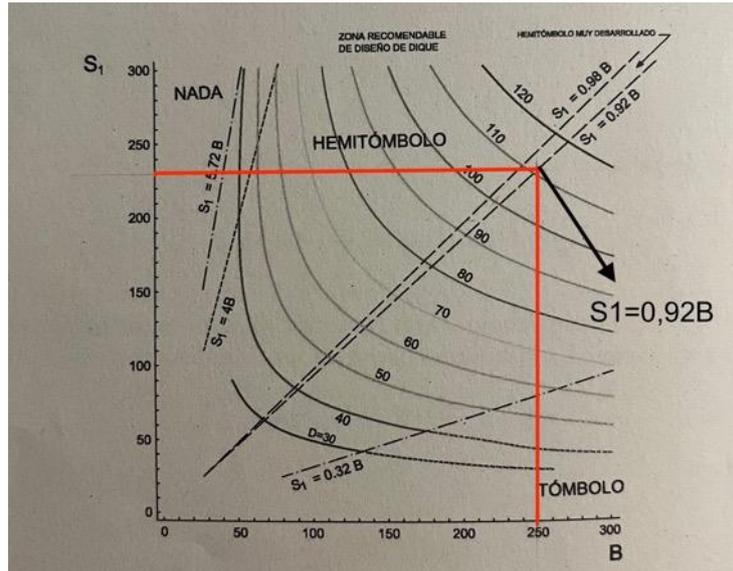


Figura 90, relació entre  $B$  y  $S_1$  de Hsu y Silvester para definir la longitud del hemitómbolo (fuente:CEDEX).

De la gràfica anterior tomada del CEDEX definim una **longitud del hemitómbolo ( $D$ ) de 110m**, a la vez que definim  **$S_1$  en 230m y  $B$  en 250m**, lo que nos introduce a definir nuestro siguiente paràmetro para el diseño en planta del dique que serà **la distancia del punto más avanzado del saliente al dique exento ( $X$ )** el cual lo deduciremos de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} S_1 &= X + D \\ X &= S_1 - D \\ X &= 230 - 110 = 120m \end{aligned}$$

El siguiente paràmetro para definir es la semilongitud de la base del dique exento ( $F$ ), la cual calcularemos con los paràmetros  $B$  y  $S_1$  a continuación:

$$\begin{aligned} \frac{F}{B} &= 0,5 + 1,9717 \frac{S_1}{B} \\ \text{despejamos } F \\ F &= 399,9 \approx 400m \end{aligned}$$

Por consiguiente, **la base del hemitómbolo estarà definido como  $2F = 800m$**  por lo que como se dijo anteriormente se extenderà por la costa norte de Port Saplaya y la parte sur de la playa de Meliana. Los últimos dos paràmetros del diseño en planta del dique son  $\beta$ , que corresponde al ángulo que forma la base de la anchura del saliente con el dique exento, el cual **según Hsu y Silvester se fijará siempre en  $40^\circ$**  y el radio  $R_0$  que define la parábola del saliente, que se calcularà a continuación:

$$\begin{aligned} F &= \frac{B}{2} + \sqrt{R_0^2 - S_1^2} \\ \text{Despejamos } R_0 \\ R_0 &= 358,508 m \end{aligned}$$



Por lo que para se fijará el **radio de la parábola ( $R_0$ ) en 360m**. Una vez definidos los parámetros en planta mostraremos a continuación una representación en planta del dique exento con los parámetros calculados anteriormente:

### 10.2.2 Diseño estructural

Ya teniendo diseñada la planta de la obra, procedemos al cálculo de las variables para el diseño estructural del dique exento el cual se pretende que sea monocapa, luego, ocuparemos la nomenclatura que usa el programa de la Unión Europea conocido como DELOS ("Environmental Design of Low Crested Coastal Defence Structures") en la revista Coastal Engineering por (Van de Meer et al, 2005; Burchart et al, 2006). **Comenzaremos definiendo la altura del franco bordo ( $R_C$ )** para la cual nos basaremos en el aspecto paisajístico del dique el cual tendrá una altura de franco de dique exento medio el cual deduciremos de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}1,5 < R_C < 1,5 + \text{berma} \\ R_C &= 1,5 + (PM + NMM) \\ R_C &= 1,5 + 0,55 + 0,04 = 2,1\text{m}\end{aligned}$$

Con estos valores de franco bordo, el mar no será visto mientras los usuarios se encuentren en el estrán de la playa. Basándonos en la batimetría sabemos que a la distancia  $S_1+A$  la cual estipulamos del diseño en planta, la profundidad aproximada a la que estará el dique ( $d$ ) será de 4,5m, por lo que la altura del dique ( $H_c$ ) será:

$$\begin{aligned}H_c &= d + R_C \\ H_c &= 4,5 + 2,1 = 6,6\text{m}.\end{aligned}$$

En cuanto a la **anchura de la cresta del dique exento ( $b$ )**, se seguirá la recomendación del programa DELOS de la UE, el cual estipula que la anchura de cresta del dique sea al menos **la altura de ola significativa ( $H_s$ )**, por lo que  **$b = 9\text{m}$** , en cuanto a la pendiente del talud del dique ( $m$ ) no se especifica ninguna referencia específica por lo que la fijaremos en la pendiente 1H:2V. Luego, pasamos al cálculo del **diámetro medio equivalente ( $D_{n50}$ )** para el cual ocuparemos la fórmula de estabilidad estructural en aguas someras, cuya expresión viene dada de la siguiente forma:

$$D_{n50} = 0,29 * H_c$$

Por lo tanto, el diámetro medio será:

$$D_{n50} = 0,29 * 6,6\text{m} = 1,9\text{m}$$

Por lo que fijaremos **el diámetro medio ( $D_{n50}$ ) en 2m**. Luego, pasaremos a calcular el peso de las piezas del manto con la ayuda de la siguiente ecuación:

*Ecuación 9, expresión para el cálculo del peso de las piezas del manto.*

$$W = \frac{\rho_s * H}{Kd * \Delta * \cot\theta}$$

Donde:



$W$ : Peso de las piezas del manto.

$\rho_S$ : Densidad de la escollera.

$H$ : Altura significativa de ola.

$K_d$ : Coeficiente de estabilidad, el cual tomaremos 1,2 utilizando como referencia los valores de coeficiente de estabilidad de la USACE.

$\Delta$ : Densidad relativa.

$\text{Cot}\theta$ : Valor del talud (cociente  $H/V$ ).

Con estos valores obtenemos un peso ( $W$ ) de aproximadamente 4850kg por pieza. Por último, se determinará el coeficiente transmisión que tendrá el dique exento para el cual usaremos los estudios de Ahrens, el desarrollo 2 tipos de fórmula según el cociente  $R_c/H_{mo}$ , si menos o mayor a la unidad, como veremos a continuación:

$$R_c/H_{mo} = 2,1/6,55 < 1$$

Por lo tanto, usaremos:

$$K_t = \frac{1}{1 + (h_c/d)^{1,188} * \left( A_t/d * L_p \right)^{0,261} * \exp(0,529 \left( \frac{R_c}{H_{mo}} \right) * 0,00551 \left( \frac{A_t^{3/2}}{D_{n50}^2 * L_p} \right))}$$

Siendo:

$K_t$ : Coeficiente de transmisión.

$L_p$ : Longitud de onda en las proximidades del dique.

$A_t$ : Área transversal del dique de 186,6 m<sup>2</sup>.

Con estos datos el coeficiente de transmisión de oleaje ( $K_t$ ) nos queda en **0,503**, como se puede apreciar, el coeficiente de transmisión es bajo para que de esta manera se acumule más cantidad de sedimentos y así ganar más ancho de costa. Con esto terminamos de definir los principales aspectos estructurales del dique exento.

### 10.2.3 Valoración económica

	Código	Unidad	Resumen	Cantidad	Precio (euros)	Total(euros)
Cap. 1: Actuaciones previas	U001	Part. Alz.	Replanteo inicial, partida alzada de replanteo toma y procesamiento de datos	1	4500	4500
	U003	m3	Dragado en zanja para cimentación	36016,7	7	252116,9
	U003	h	Gangui autoproplulsado.	40	172	6880
Cap. 2: Obras de dragado y construcción del dique	U004	h	Camión bañera de 25t	40	41,5	1660
	U005	m3	Escollera de 5t	46650	13	606450
				Importe total(euros):		871606,90

Por lo que el importe total de la obra será de aproximadamente **871.606,9 €**.

## 10.3 Dique exento + Eliminación del espigón sur de la Playa de Meliana

Esta alternativa buscará agregar los efectos de la retirada del espigón sur de la Playa de Meliana junto con los efectos que provocará la proyección del dique exento, por lo que a continuación desarrollaremos de manera concisa el proceso de retirada del espigón.

### 10.3.1 Eliminación del espigón sur de la Playa de Meliana

*Estudio de soluciones para la estabilización del tramo de costa al norte de Port Saplaya (Alboraya, Comunidad Valenciana)*



El proceso de eliminación del espigón lo que persigue es la recuperación del hidrodinamismo natural de la costa, por lo que es una alternativa que puede ser factible para parar la erosión que sufre la costa norte de Port Saplaya debido a las numerosas obras que rigidizan las zonas en pocos metros.

Para llevar a cabo la eliminación del espigón se llevarán a cabo las siguientes actuaciones:

**Colocación de una barrera antiturbidez.** La barrera impedirá el movimiento de los sedimentos debido extracción de la escollera por parte de la maquinaria.

**Extracción de la escollera.** Se hará uso de una retroexcavadora de cabeza giratoria la cual irá removiendo una a una cada pieza (escollera) del espigón.

**Transporte y retirada de la escollera extraída.** Se colocará la escollera recogida por la retroexcavadora para luego transportarla, y se estudiará su posible reciclaje para la construcción del dique exento en frente de la costa, según la tipología estructural del dique.

**Redistribución de la arena de apoyada en el espigón.** El objetivo será distribuir la arena apoyada en el lado norte del espigón para que de esta manera que se elimine dicho remanso provocado por el propio espigón.

### 10.3.2 Dique exento

Se llevará a cabo la construcción del dique exento con el diseño proyectado en la **alternativa 2**.

### 10.3.3 Valoración económica.

	Código	Unidad	Resumen	Cantidad	Precio (euros)	Total(euros)
Cap. 1: Actuaciones previas	U001	Part. Alz.	Replanteo inicial, partida alzada de replanteo toma y procesamiento de datos	1	4500	4500
	U002	h	Retroexcavadora de cabeza giratoria	160	14,66	2345,6
Cap 3: Eliminación del espigón sur de Meliana	U003	m	Barrera antiturbidez. Tramos de 25m	600	47,26	28356
	U004	m3	Dragado en zanja para cimentación	36016,7	7	252116,9
	U005	h	Ganguil autopropulsado.	40	172	6880
	U006	h	Camión bañera de 25t	40	41,5	1660
Cap. 2: Obras de dragado y construcción del dique	U007	m3	Escollera de 5t	46650	13	606450
					Importe total(euros):	902308,50

Por lo que el importe total de la obra será de aproximadamente **902.308,50 €**.

## 14. Solución adoptada

Como se había mencionado en el anejo anterior, la solución que se tomará se basará en los requisitos puestos a continuación:

**Estabilización del tramo de costa,** de modo que la alternativa que sea seleccionada consiga que la erosión no vuelva a dejar a la playa en las mismas condiciones que se encuentra hoy en día.

**Hacer que la línea de costa avance,** de modo que la alternativa que se escoja pueda garantizar al menos el ancho mínimo estipulado para las playas urbanas



españolas (30m) en el 75% de su longitud, para que de esta manera la playa pueda albergar más oferta turística y a la vez, se pueda proteger mejor frente a temporales.

**Menor impacto paisajístico**, de manera que se escoja afecte lo menos posible al impacto visual del paisaje.

**Viabilidad económica y operativa**, por lo que la alternativa debe presentar un presupuesto ejecución lo más atractivo posible y rentable.

Analizaremos cada Alternativa por separado para posteriormente, escoger y desarrollar la solución definitiva:

Tabla 28, análisis de la alternativa 1 (fuente: elaboración propia).

Alternativa	Estabilización del tramo de costa.	Conseguir que la línea de costa avance	Menos impacto paisajístico	Viabilidad económica .
Aportación artificial de arena.	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>	<b>No cumple.</b>

La alternativa de la aportación artificial de arena, aunque es bastante atractiva, puesto que sería la solución más “natural” no es viable desde el punto de vista económico, dado que el **yacimiento submarino el del cual se pretende tomar la arena está a casi 50 km** de distancia hasta la zona de aportación lo que hace inviable el transporte del sedimento.

Tabla 29, análisis de la alternativa 2 (fuente: elaboración propia).

Alternativa	Estabilización del tramo de costa.	Conseguir que la línea de costa avance	Menos impacto paisajístico	Viabilidad económica y operativa.
Dique exento.	Cumple	Cumple	Cumple parcialmente	Cumple

En cuanto a la alternativa 2, la construcción del dique exento supondría que se regeneraría el tramo de costa debido al efecto que provoca sobre el oleaje puesto que permite que forme un saliente, dentro de lo negativo es que se rigidizaría más la costa al agregar más estructuras (y no quitar ninguna de las ya existentes) y puesto que el dinero a invertir es importante valdría la pena restarle rigidización a la costa.

Tabla 30, análisis de la alternativa 3 (fuente: elaboración propia).

Alternativa	Estabilización del tramo de costa.	Conseguir que la línea de costa avance	Menos impacto paisajístico	Viabilidad económica y operativa.
Eliminación del espigón sur de	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple



Meliana + Dique exento.				
----------------------------	--	--	--	--

La **alternativa 3**, desde el punto de vista de los objetivos enmarcados anteriormente se convierte en **la más atractiva dado que implicaría quitarle rigidización a la costa, y la estructura a proyectar (dique exento) no supone un gran impacto paisajístico**, en cuanto a al valor económico la diferencia es poco significativa con la alternativa 2, aunque hay que tener en cuenta que siempre se debe hacer una aportación de arena en los proyectos de diques exentos para asegurar el ancho inicial de playa, sin mencionar que estabilizaría el tramo de costa sin necesidad de aportaciones de arena de mantenimiento como sí habría que hacerlo en la alternativa 1, ósea, que el saliente del dique exento ayudaría a estabilizar de manera permanente el tramo de costa protegiéndolo de la erosión.

Como conclusión, **se tomará la alternativa 3 como la solución** para responder a los problemas de erosión del tramo norte de Port Saplaya.

### 11.1 Diseño del dique exento

Para el dique exento primeramente se estipuló el diseño en planta con los siguientes parámetros como se verá en el siguiente cuadro:

Ancho mínimo de playa.	A	30m
Longitud del dique exento.	B	250m
Distancia del dique exento a la tangente a la línea de costa formada.	$S_1$	230m
Distancia del punto más avanzado del saliente al dique exento.	X	120m
Longitud del saliente a partir de A.	D	110
Semilongitud de la base del hemitómbolo.	F	400m
Radio de la parábola del hemitómbolo.	$R_0$	360m

A continuación, veremos una representación en planta del dique:

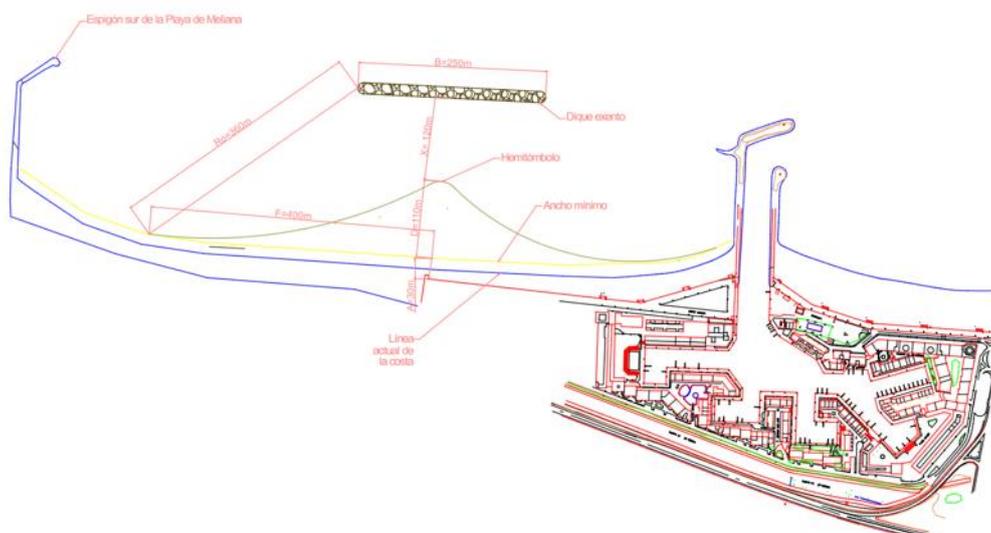


Figura 91, diseño en planta del dique exento (fuente: elaboración propia).

Para la tipología estructural, los parámetros son los siguientes:

<b>Altura de la berma</b>	$H_{\text{Berma}}$	0,59m
<b>Franco bordo</b>	$R_c$	2,1m
<b>Profundidad</b>	$d$	4,5m
<b>Altura total del dique.</b>	$H_c$	6,6m
<b>Ancho de cresta del dique exento.</b>	$b$	9m
<b>Altura significativa de ola.</b>	$H_s$	9,14m
<b>Período pico.</b>	$T_p$	12,44s
<b>Longitud de onda.</b>	$L_0$	241,51m
<b>Pendiente.</b>	$m$	2
<b>Material.</b>		Escollera
<b>Densidad de la escollera</b>	$\rho$	2,6 t/m <sup>3</sup>
<b>Diámetro medio.</b>	$D_{n50}$	4,5m
<b>Peso de las piezas.</b>	$W$	4,9t
<b>Área total.</b>	$A_T$	186,6m <sup>2</sup>
<b>Volumen total.</b>	$V_T$	46.650m <sup>3</sup>
<b>Base del dique.</b>	$B$	16m
<b>Coefficiente de transmisión.</b>	$K_t$ (adimensional)	0,5033

A continuación, se muestra una representación de perfil del **dique monocapa**.

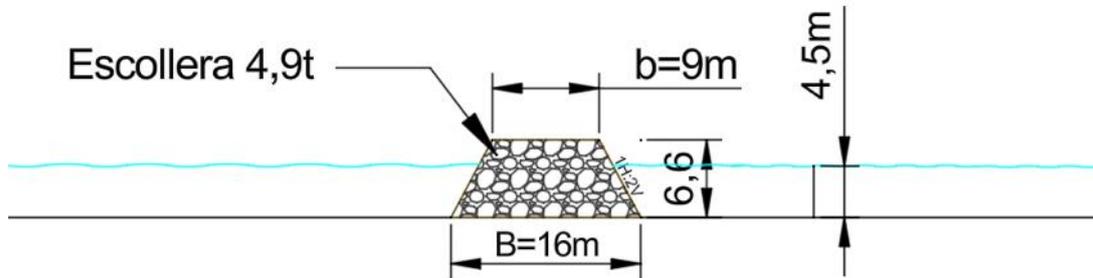


Figura 92, perfil del dique exento (fuente: elaboración propia)

Una vez ya estipulados los parámetros de diseño tanto estructurales como en planta se pasará al proceso constructivo del proyecto.

## 11.2 Proceso constructivo

### Fase 1: eliminación del espigón sur de Meliana:

En la siguiente ilustración veremos el emplazamiento donde se desarrollará en el proyecto, junto con los principales puntos de acceso.



Figura 93, emplazamiento del proyecto (fuente: Google Earth).

Se iniciará el proyecto con el desmantelamiento del espigón sur de Meliana, por lo que antes que nada se **colocará la barrera antiturbidez** para evitar la propagación de los sedimentos del fondo.



Figura 94, barrera antiturbidez (fuente: Proyecto de retirada del espigón de Punta Brava).

Posteriormente el siguiente paso será **remover la escollera del espigón**, con la ayuda de una retroexcavadora con cabeza giratoria la cual irá removiendo las piezas una a una.



Figura 95, extracción de la escollera por parte de la retroexcavadora (fuente: Proyecto de retirada del espigón de Punta Brava).

A medida que la retroexcavadora va removiendo una a una cada pieza, la escollera que se va quitando será colocada en el camión para su posterior transporte.



Figura 96, transporte de la escollera removida (fuente: Proyecto de retirada del espigón de Punta Brava).

Por último, **se deberá redistribuir la arena acumulada en la base del espigón**, para así poder reacondicionar la playa.



Figura 97, arena de la base del espigón redistribuida (fuente: Proyecto de retirada del espigón de Punta Brava).

## Fase 2: alimentación artificial de la costa.

Siempre en este tipo de actuaciones, se debe realizar una aportación artificial de arena, para garantizar primeramente el ancho mínimo de playa de 30m y que sobre esta aportación de arena se vaya formando el hemitómbolo, en nuestro caso en particular en el extremo norte de la playa.

*Estudio de soluciones para la estabilización del tramo de costa al norte de Port Saplaya (Alboraya, Comunidad Valenciana)*

Para aumentar en este caso el ancho de playa a los 30m en la parte más erosionada, la aportación de arena ascendería aproximadamente a casi 18000 m<sup>3</sup>, la cuales vendrán proveniente de la playa de La Patacona, que al contrario que Port Saplaya sufre de acreción.

Fase 3: construcción del dique exento.

Para este caso, la construcción del dique exento se materializará mediante la formación artificial de un camino rodado para el tránsito de maquinaria, de esta manera la construcción del dique exento se irá desarrollado hacia ambos lados.

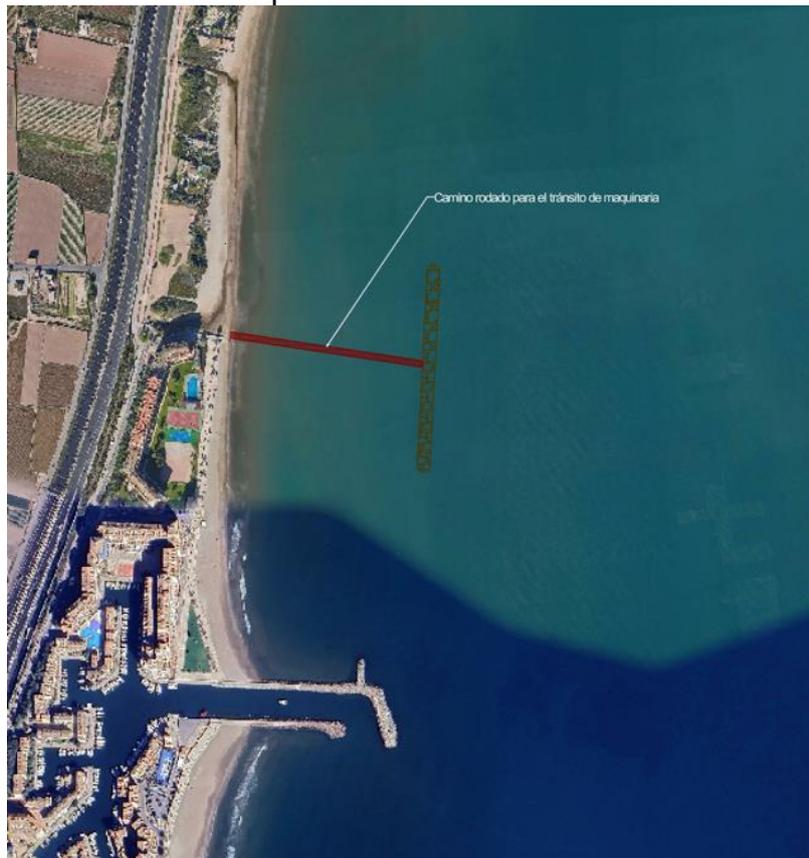


Figura 98, acceso rodado para la construcción del dique (fuente: elaboración propia).



Figura 99, ejemplo de camino rodado para dique exentos (fuente: dique exento de Benalmádena).



### 11.3 Gestión de residuos

La realización de esta obra trae per se la generación de residuos por contemplar la retirada del espigón antes mencionado, aunque bien se estudiará que parte de ese material cumple para ser reutilizado en el dique exento no todo el material se podrá reutilizar.

Se clasificarán los residuos para facilitar el transporte, así como su descarga y reutilización. Una de la propuesta más cercana está en Almussafes, a 34 min en vehículo desde el ámbito de actuación.



Figura 100, localización de empresa propuesta para gestión de residuos (fuente: Google Earth).

### 11.4 Material del dique

El material que se utilizará para el dique exento monocapa será escollera de aproximadamente 4,9t de peso y de  $D_{n50} = 2m$ , la cantera más cercana es la que se muestra en la siguiente ilustración y queda a 28 min del ámbito de actuación.



Figura 101, ubicación de la cantera (fuente: Google Earth).

### 11.5 Zona de acopios

La zona de acopios deberá ser una zona libre y espaciosa para la zona que nos ocupa, para dicha obra proponemos la señalada en la ilustración que está a continuación, que en verano se habilita como aparcamiento para la playa de Meliana, se ha escogido este terreno debido a su cercanía.



Figura 102, zona de acopios (fuente: Google Earth).

### 11.6 Plazo de Ejecución

El plazo que se prevé para la ejecución de los trabajos es de aproximadamente 3 meses.

## 15. Presupuesto

*Cuadro de precios N°1*



	Código	Unidad	Resumen	Cantidad
<b>Cap1. Actuaciones previas</b>	U001	PA	Replanteo inicial.	1
	Partida alzada de replanteo, incluso toma y procesamiento de datos			
	U002	PA	Instalaciones auxiliares	1
<b>Cap2. Retirada del espigón</b>	Partida alzada de puesto en obra de instalaciones auxiliares			
	U001	h	Retroexcavadora	160
	Retroexcavadora de cabeza giratoria para retirada de escollera			
	U006	m3	Perfilado y extendido	1
	Capa superior de arena extendida y perfilada según planos			
	U002	m	Barrera antiturbidez	600
Barrera antiturbidez incluso inclusocolocación y transporte en tramos de 25m				
<b>Cap3. Obras de defensa</b>	U003	m3	Dragado en zanja para cimentación	12000
	Dragado de fondo marino para cimentación del dique exento y transporte			
	U004	m3	Escolleras	46650
	Escollera de 4,9t para manto principal incluido transporte y suministro			
	U005	Ud	Señalización marítima	1
	Balizas de señalización marítima formada material de PVC resistente a la corrosión			
	U006	m3	Perfilado y extendido	1
	Capa superior de arena extendida y perfilada según planos			
	U007	m3	Zahorra 0/20	9785
	Zahorra para elaboración del camino rodado para el transito de maquinaria al dique			
<b>Cap4. Gestión de residuos</b>	U008	PA	Gestión de residuo	1
	Clasificación y recogida de residuos de construcción incluso transporte a una distancia mayor de 10km			
<b>Cap4. Seguridad y Salud</b>	U007	PA	Seguridad y Salud	1
	Seguridad y Salud			

*Valoración económica.*

	Código	Unidad	Resumen	Cantidad
<b>Cap1. Actuaciones previas</b>	U001	PA	Replanteo inicial.	4500
	Partida alzada de replanteo, incluso toma y procesamiento de datos			
	U002	PA	Instalaciones auxiliares	15000
<b>Cap2. Retirada del espigón</b>	Partida alzada de puesto en obra de instalaciones auxiliares			
	U001	h	Retroexcavadora 3 m3	1647,42
	Retroexcavadora de cabeza giratoria para retirada de escollera			
	U006	m3	Perfilado y extendido	183,25
	Capa superior de arena extendida y perfilada según planos			
	U002	m	Barrera antiturbidez	28356
Barrera antiturbidez incluso inclusocolocación y transporte en tramos de 25m				
<b>Cap3. Obras de defensa</b>	U003	m3	Dragado en zanja para cimentación	42720
	Dragado de fondo marino para cimentación del dique exento y transporte			
	U004	m3	Escolleras	606450
	Escollera de 4,9t para manto principal incluido transporte y suministro			
	U005	Ud	Señalización marítima	400
	Balizas de señalización marítima formada material de PVC resistente a la corrosión			
	U006	m3	Perfilado y extendido	6600,06
	Capa superior de arena extendida y perfilada según planos			
	U007	m3	Zahorra 0/20	93153,2
	Zahorra para elaboración del camino rodado para el transito de maquinaria al dique			
<b>Cap4. Gestión de residuos</b>	U008	PA	Gestión de residuos	30500
	Clasificación y recogida de residuos de construcción incluso transporte a una distancia mayor de 10km			
<b>Cap4. Seguridad y Salud</b>	U007	PA	Seguridad y Salud	55647,05
	Seguridad y Salud			
			Material	885156,98
			13% Gastos generales	115070,41
			6% Beneficio Industrial	53109,42
			21% IVA	185882,97
			<b>Total (Euros)</b>	<b>1239219,77</b>



## Documento N°2: Planos



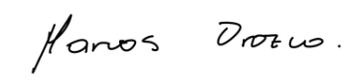
## PLANOS

<b>Documento Nº2: Planos .....</b>	<b>116</b>
<b>PLANOS .....</b>	<b>117</b>
<b>1 Localización .....</b>	<b>118</b>
<b>2 Batimetría.....</b>	<b>120</b>
<b>3 Geología regional .....</b>	<b>122</b>
<b>4 Geología municipal.....</b>	<b>124</b>
<b>5 Alternativa 1: Aportación artificial de arena .....</b>	<b>126</b>
<b>6 Alternativa 2: dique exento .....</b>	<b>128</b>
<b>7 Solución adoptada: planta de la alternativa 3.....</b>	<b>130</b>
<b>8 Solución adoptada: retirada del espigón sur de la playa de Meliana .....</b>	<b>132</b>
<b>9 Solución adoptada: Planta del dique exento.....</b>	<b>134</b>
<b>10 Solución adoptada: sección del dique exento.....</b>	<b>136</b>
<b>11 Perfiles de playa.....</b>	<b>138</b>
<b>12 Perfil en el punto más erosionado de la playa .....</b>	<b>140</b>



## 1 Localización

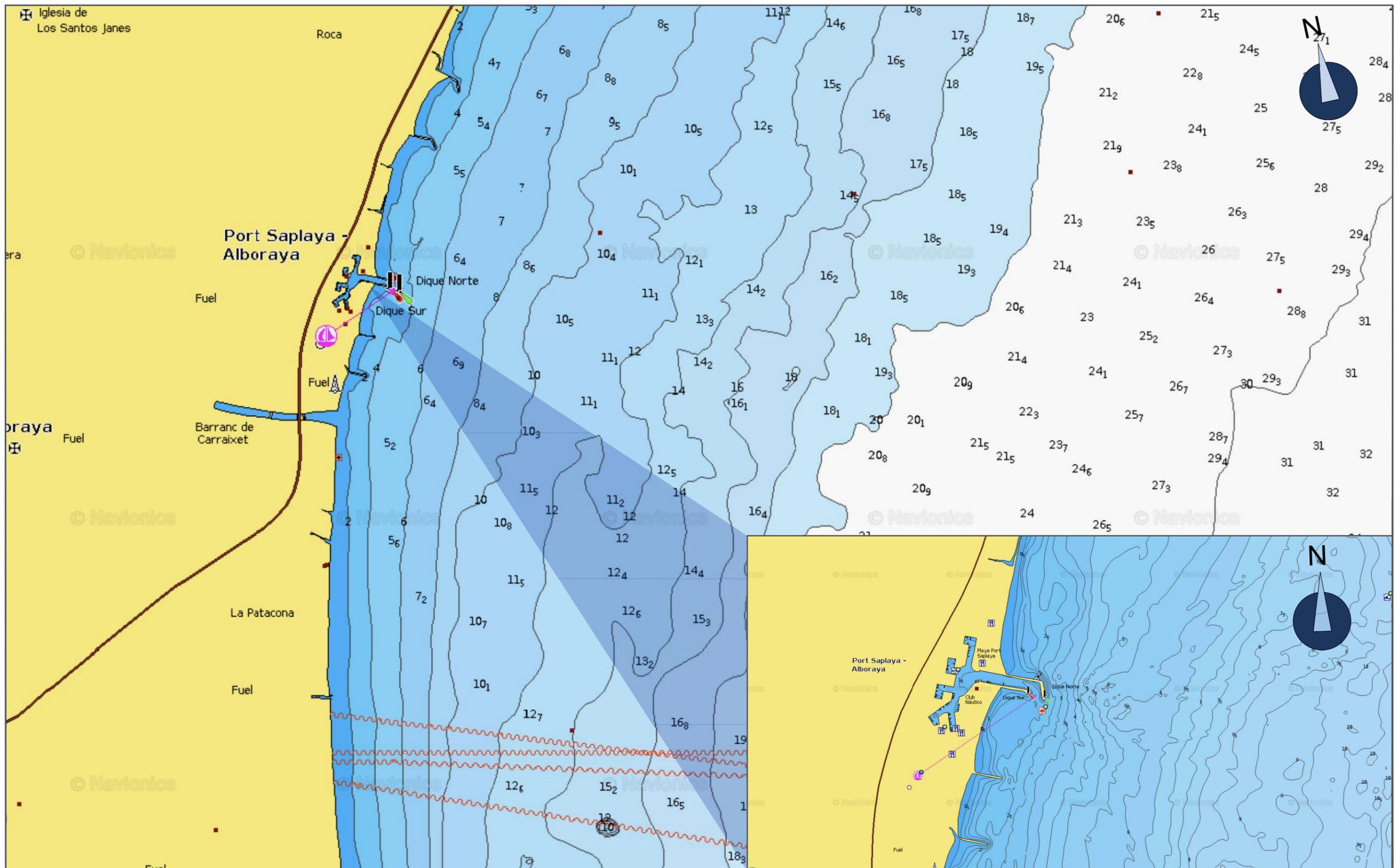


<b>Autor:</b> Marcos Daniel Orozco Lindo	<b>Plano:</b> Planta del dique exento	<b>Nº de Plano:</b> 4	<b>Grado:</b> Ingeniería de Obras Públicas	<b>Firma:</b> 
<b>Proyecto:</b> Estudio de Soluciones para la estabilización del tramo al norte de Port Saplaya.		<b>Unidades:</b> metros	<b>Esc:</b> 1:1000	





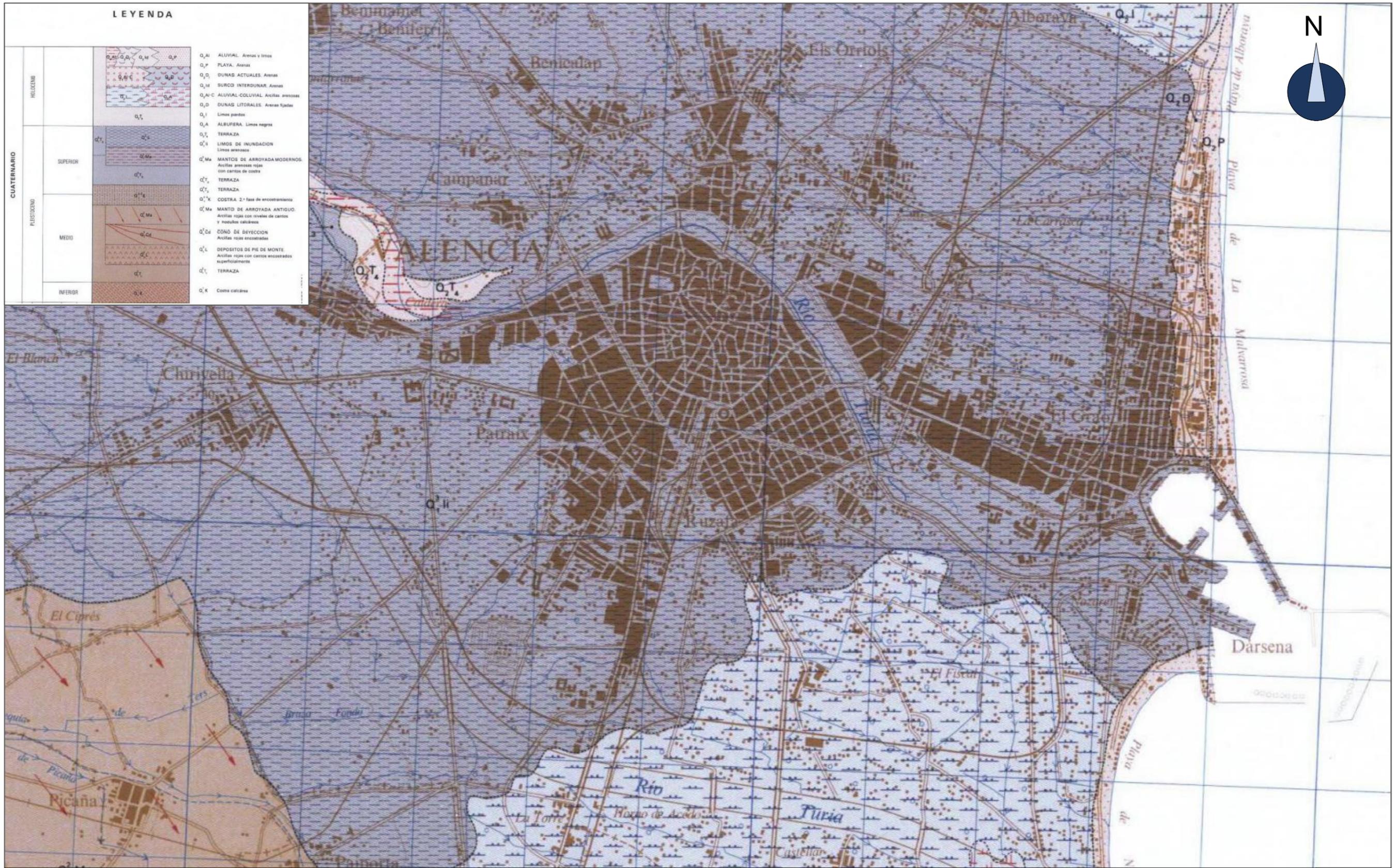
## 2 Batimetría



<b>Autor:</b> Marcos Daniel Orozco Lindo	<b>Plano:</b> Batimetría	<b>Nº de Plano:</b> 2	<b>Grado:</b> Ingeniería de Obras Públicas	<b>Firma:</b> <i>Marcos Orozco</i> 
<b>Proyecto:</b> Estudio de Soluciones para la estabilización del tramo al norte de Port Saplaya.		<b>Unidades:</b> metros	<b>Esc:</b> 1:1000	

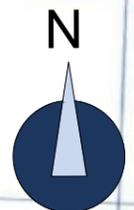


### 3 Geología regional



**LEYENDA**

CUATERNARIO	HOLOCENO	Q <sub>1</sub> AL	ALUVIAL. Arenas y limos
		Q <sub>1</sub> P	PLAYA. Arenas
	PLEISTOCENO SUPERIOR	Q <sub>2</sub> D	DUNAS ACTUALES. Arenas
		Q <sub>2</sub> C	SURCO INTERDUNAR. Arenas
PLEISTOCENO MEDIO	Q <sub>3</sub> A-C	ALUVIAL-COLUVIAL. Arcillas arenosas	
	Q <sub>3</sub> D	DUNAS LITORALES. Arenas fijadas	
	Q <sub>3</sub> I	Limos pardos	
	Q <sub>3</sub> A	ALBUFERA. Limos negros	
	Q <sub>3</sub> T	TERRAZA	
	Q <sub>3</sub> S	LIMOS DE INUNDACION. Limos arenosos	
PLEISTOCENO INFERIOR	Q <sub>4</sub> Ma	MANTOS DE ARROYADA MODERNOS. Arcillas arenosas rojas con cantos de costra	
	Q <sub>4</sub> T	TERRAZA	
	Q <sub>4</sub> K	TERRAZA	
	Q <sub>4</sub> X	COASTA Z+ fase de encostamiento	
	Q <sub>4</sub> Ma	MANTO DE ARROYADA ANTIGUO. Arcillas rojas con reviles de cantos y nodulos calcáreos	
	Q <sub>4</sub> Ca	CONO DE BEVECCION. Arcillas rojas encostadas	
PLEISTOCENO INFERIOR	Q <sub>4</sub> L	DEPOSITOS DE PIE DE MONTE. Arcillas rojas con cantos encostados superficialmente	
	Q <sub>4</sub> T	TERRAZA	
	Q <sub>4</sub> K	Costa calcárea	



Autor: Marcos Daniel Orozco Lindo	Plano: Geología regional.	Nº de Plano: 3	Grado: Ingeniería de Obras Públicas	Firma: <i>Marcos Orozco.</i>
Proyecto: Estudio de Soluciones para la estabilización del tramo al norte de Port Saplaya.		Unidades: metros	Esc: 1:25.000	





## 4 Geología municipal





## 5 Alternativa 1: Aportación artificial de arena

**Leyenda**

----- Línea de costa año 2024

----- Línea de costa año 2001



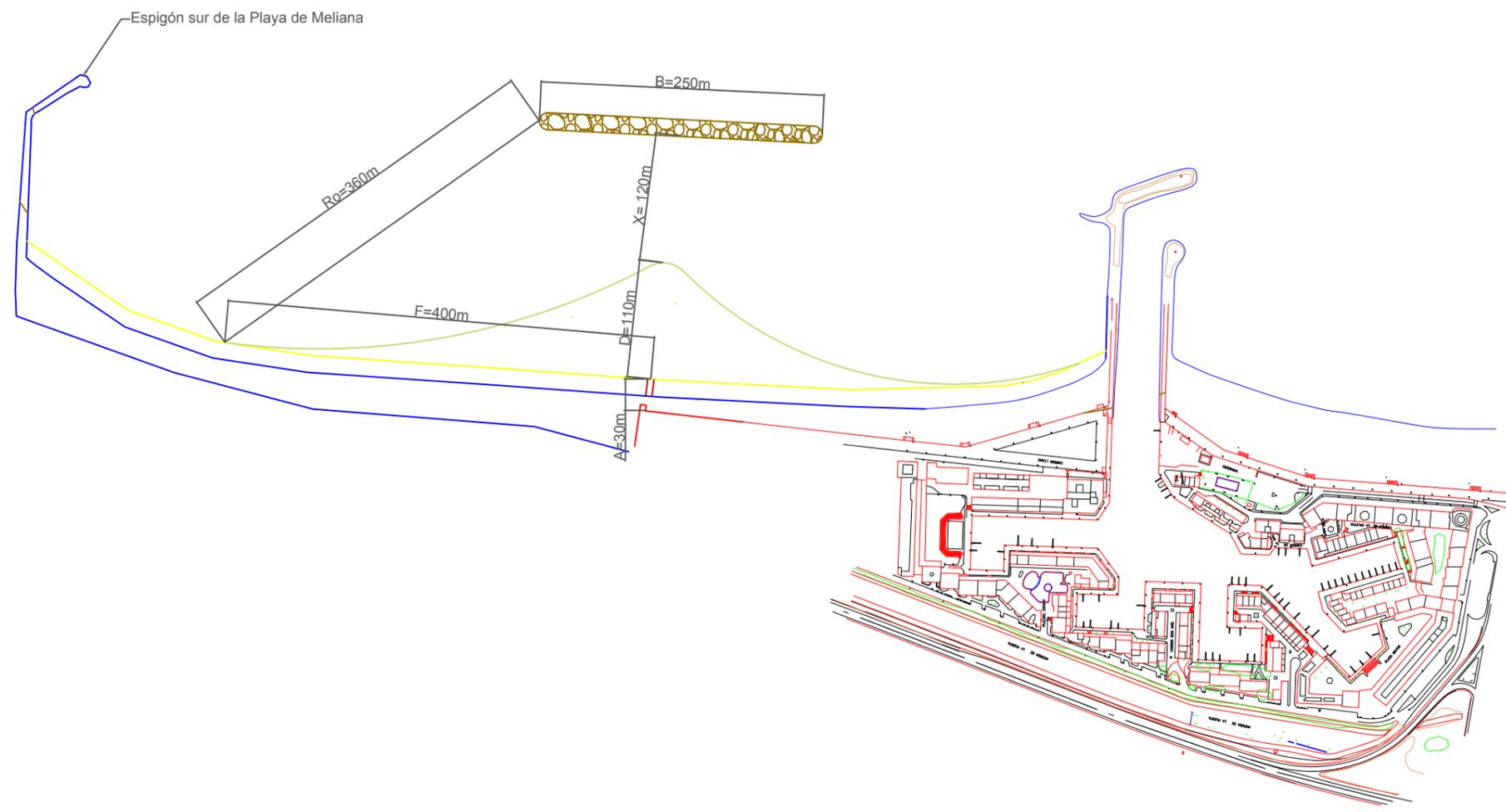
Volumen de regeneración  
36016,7m<sup>3</sup>



<b>Autor:</b> Marcos Daniel Orozco Lindo	<b>Plano:</b> Planta general Alternativa 1	<b>Nº de Plano:</b> 5	<b>Grado:</b> Ingeniería de Obras Públicas	<b>Firma:</b> <i>Marcos Orozco</i> 
<b>Proyecto:</b> Estudio de Soluciones para la estabilización del tramo al norte de Port Saplaya.		<b>Unidades:</b> metros	<b>Esc:</b> 1:1000	



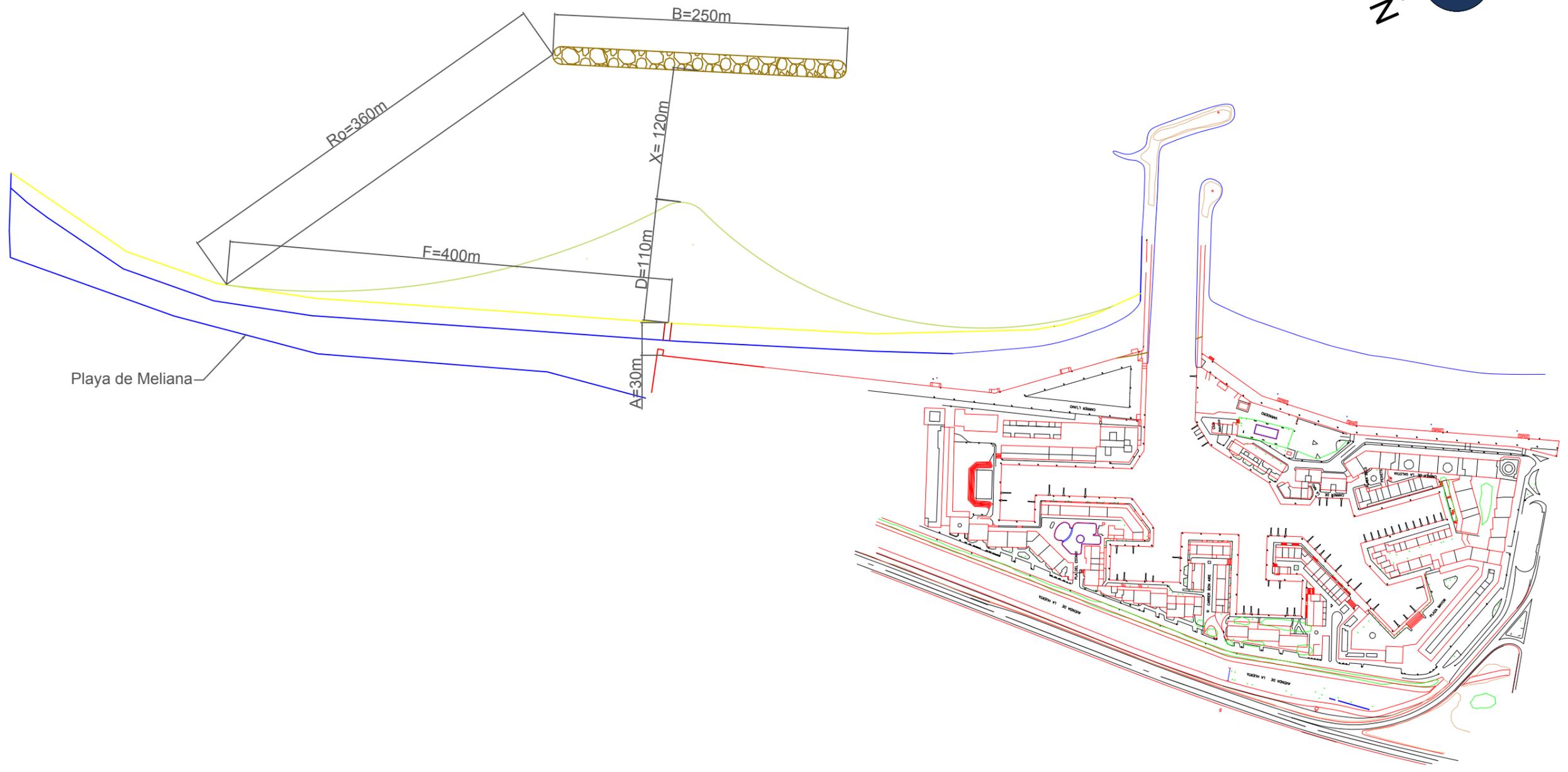
## 6 Alternativa 2: dique exento



<b>Autor:</b> Marcos Daniel Orozco Lindo	<b>Plano:</b> Planta general Alternativa 2	<b>Nº de Plano:</b> 6	<b>Grado:</b> Ingeniería de Obras Públicas	<b>Firma:</b> <i>Marcos Orozco</i> 
<b>Proyecto:</b> Estudio de Soluciones para la estabilización del tramo al norte de Port Saplaya.		<b>Unidades:</b> metros	<b>Esc:</b> 1:1000	



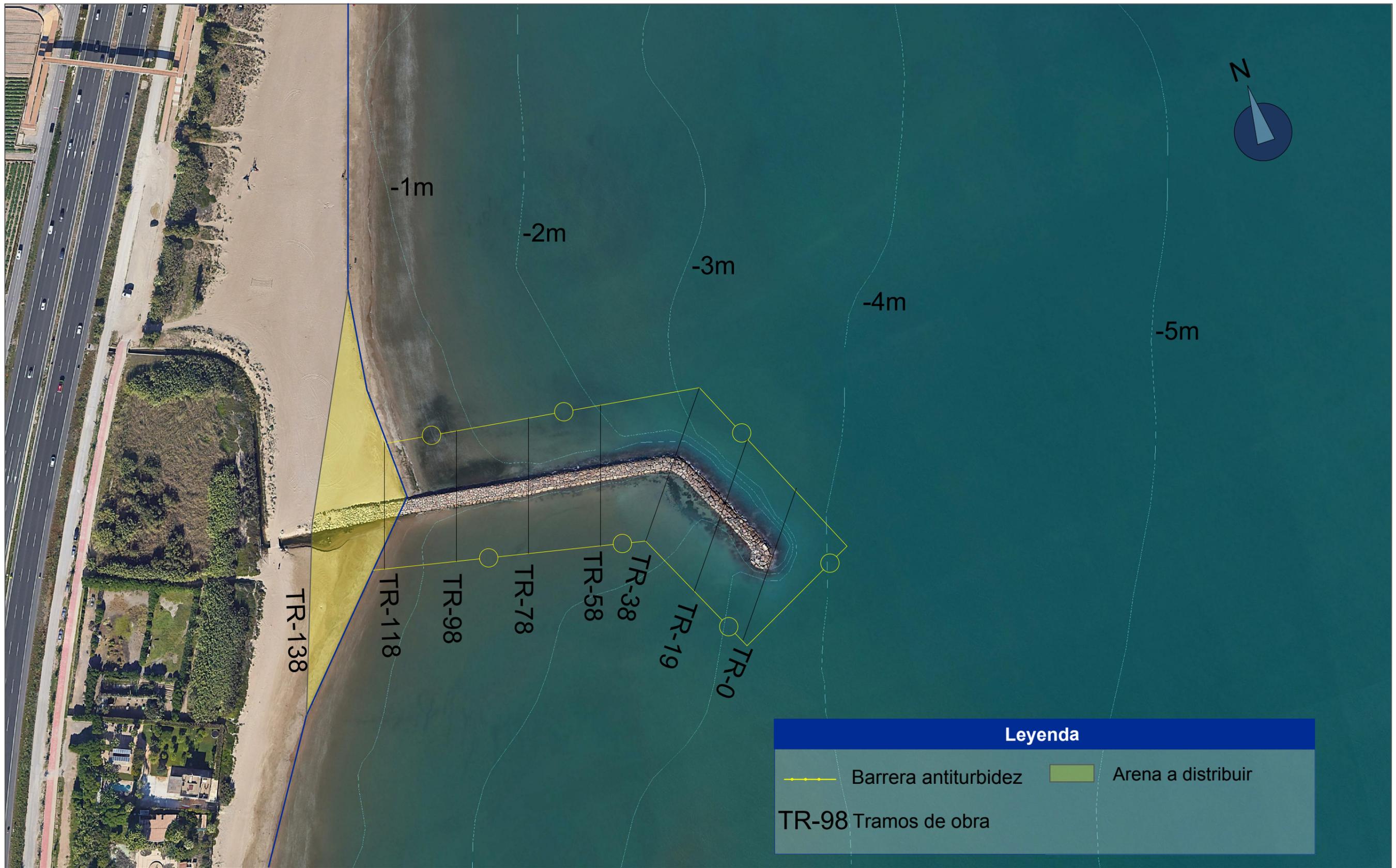
## 7 Solución adoptada: planta de la alternativa 3



<b>Autor:</b> Marcos Daniel Orozco Lindo	<b>Plano:</b> Planta de la alternativa 3	<b>Nº de Plano:</b> 7	<b>Grado:</b> Ingeniería de Obras Públicas	<b>Firma:</b> <i>Marcos Orozco</i> 
<b>Proyecto:</b> Estudio de Soluciones para la estabilización del tramo al norte de Port Saplaya.	<b>Unidades:</b> metros	<b>Esc:</b> 1:1000		



## **8 Solución adoptada: retirada del espigón sur de la playa de Meliana**



**Leyenda**

Barrera antiturbidez
  Arena a distribuir

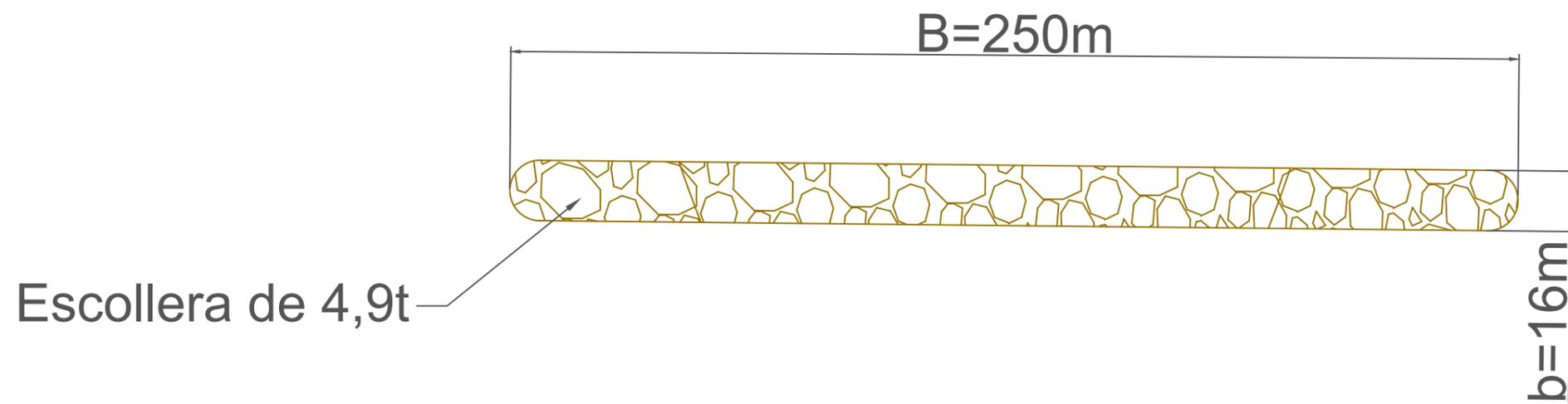
TR-98 Tramos de obra

<b>Autor:</b> Marcos Daniel Orozco Lindo	<b>Plano:</b> Retirada del espigón	<b>Nº de Plano:</b> 8	<b>Grado:</b> Ingeniería de Obras Públicas	<b>Firma:</b>
<b>Proyecto:</b> Estudio de Soluciones para la estabilización del tramo al norte de Port Saplaya.		<b>Unidades:</b> metros	<b>Esc:</b> 1:1000	





## 9 Solución adoptada: Planta del dique exento

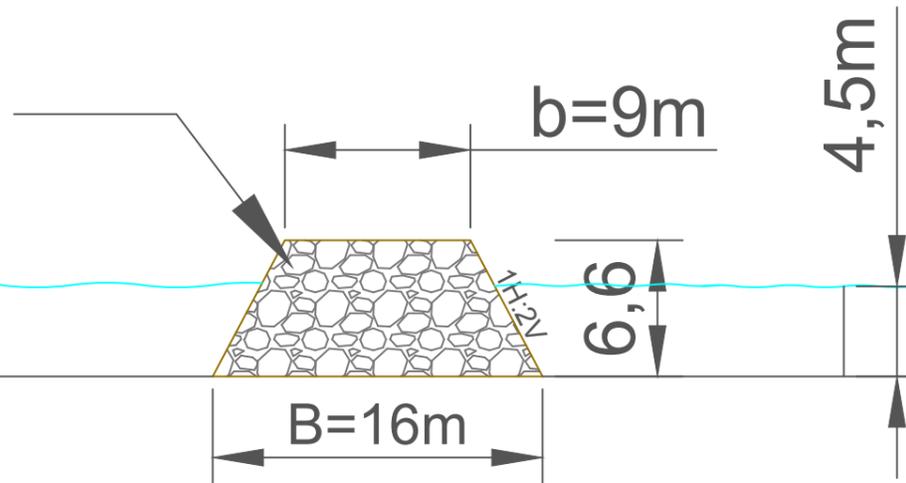


<b>Autor:</b> Marcos Daniel Orozco Lindo	<b>Plano:</b> Planta del dique exento	<b>N° de Plano:</b> 9	<b>Grado:</b> Ingeniería de Obras Públicas	<b>Firma:</b> <i>Marcos Orozco</i>	
<b>Proyecto:</b> Estudio de Soluciones para la estabilización del tramo al norte de Port Saplaya.		<b>Unidades:</b> metros	<b>Esc:</b> 1:1000		



## **10 Solución adoptada: sección del dique exento**

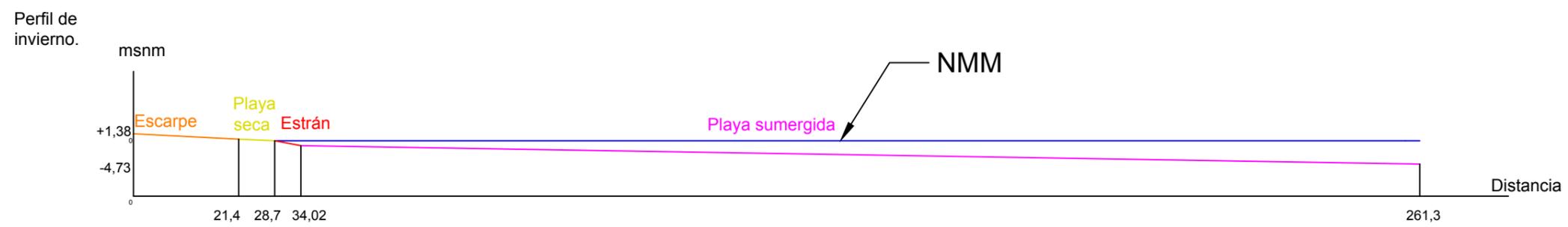
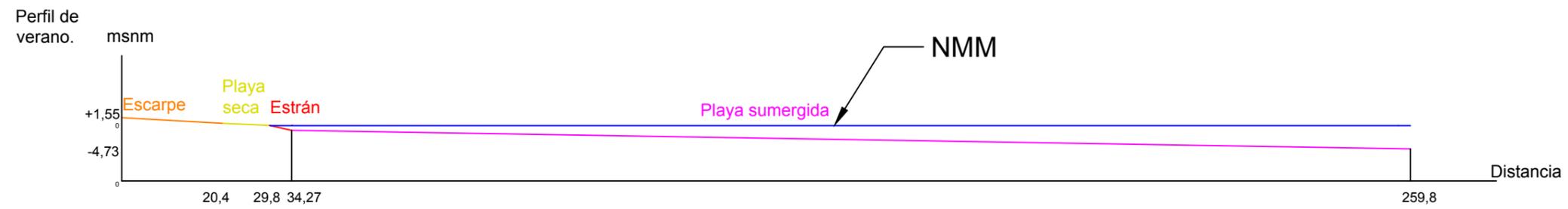
Escollera 4,9t

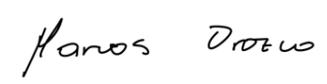


<b>Autor:</b> Marcos Daniel Orozco Lindo	<b>Plano:</b> Sección del dique exento	<b>Nº de Plano:</b> 10	<b>Grado:</b> Ingeniería de Obras Públicas	<b>Firma:</b> <i>Marcos Orozco</i> 
<b>Proyecto:</b> Estudio de Soluciones para la estabilización del tramo al norte de Port Saplaya.	<b>Unidades:</b> metros	<b>Esc:</b> 1:1000		



## 11 Perfiles de playa

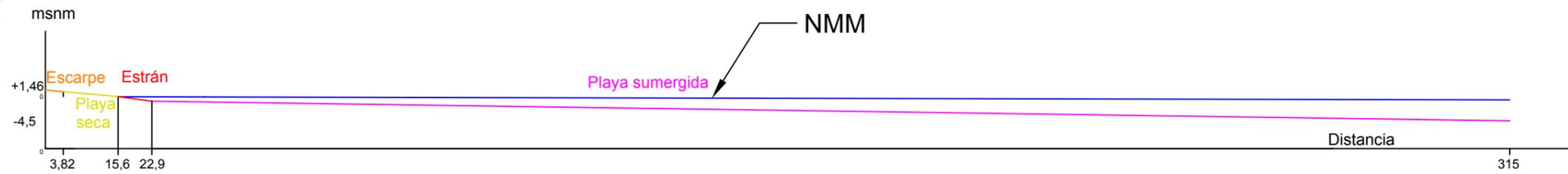


<b>Autor:</b> Marcos Daniel Orozco Lindo	<b>Plano:</b> Perfiles de playa	<b>N° de Plano:</b> 11	<b>Grado:</b> Ingeniería de Obras Públicas	<b>Firma:</b> 	
<b>Proyecto:</b> Estudio de Soluciones para la estabilización del tramo al norte de Port Saplaya.	<b>Unidades:</b> metros	<b>Esc:</b> 1:1000			

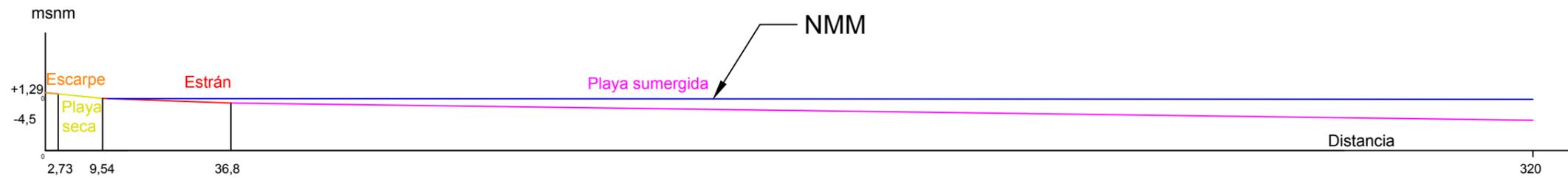


## 12 Perfil en el punto más erosionado de la playa

Perfil de verano.



Perfil de invierno.



**Autor:** Marcos Daniel Orozco Lindo

**Plano:** Perfiles de playa en el punto más erosionado

**Nº de Plano:** 12

**Grado:** Ingeniería de Obras Públicas

**Firma:**

*Marcos Orozco*

**Proyecto:** Estudio de Soluciones para la estabilización del tramo al norte de Port Saplaya.

**Unidades:** metros

**Esc:** 1:1000

