

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL ENTRE LA DESEMBOCADURA DEL JÚCAR Y EL ESTANY GRAN, CULLERA (VALENCIA)

Trabajo final de grado

Titulación: Grado en Ingeniería Civil

Curso: 2020/21

Autor: Pablo Ortí Cardo

Tutor: Jorge Molines Llodrà

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

Memoria

ÍNDICE

1. Introducción.....	5
2. Objeto y Alcance	5
3. Localización geográfica	5
4. Estado actual.....	7
5. Estudios previos	11
5.1. Clima marítimo y dinámica litoral	11
5.2. Batimetría	19
5.3. Cambio climático.....	20
5.4. Cota de Inundación	20
5.5. Evolución de la línea de costa	21
5.6. Medio socioeconómico	24
5.7. Dominio Público Marítimo Terrestre.....	25
6. Diagnóstico de problemas	27
7. Propuesta de alternativas	31
8. Desarrollo de la alternativa	35
8.1. Retirada de las defensas existentes	36
8.2. Diques exentos sumergidos	36
8.2.1. Peso unitario	36
8.2.2. Espesor de los mantos	37
8.2.3. Núcleo del dique.....	37
8.2.4. Ancho de coronación.....	38
8.3. Cálculo del hemitómbolo	39
8.4. Alimentación artificial	40
8.4.1. Profundidad de cierre.....	40

8.4.2. Características del material	40
8.4.3. Volumen de vertido	40
8.5. Disposición de la alternativa	42
9. Conclusión	43
10. Referencias	43



1. Introducción

Para comenzar, este trabajo se trata de un trabajo de fin de grado cuya finalidad es completar y demostrar los conocimientos adquiridos en el grado aplicados a un caso real, para buscar soluciones a un problema relacionado con la dinámica litoral y el medioambiente que acaece al término municipal de Cullera.

2. Objeto y Alcance

Los objetivos de este estudio, cuyo título es “Estudio de soluciones para la reordenación del frente litoral entre la desembocadura del Júcar y el Estany Gran, Cullera (Valencia)”, son:

- Estudiar el tramo de costa localizado entre la desembocadura del Júcar y el Estany Gran, principalmente para obtener un diagnóstico que conceda una perspectiva sobre los errores cometidos relacionados con la construcción de diques y el urbanismo descontrolado.
- Proponer alternativas sostenibles con el medioambiente que consigan una adecuada reordenación del frente litoral y, con ello, intentar recrear la línea de costa del año 1956.

3. Localización geográfica

El estudio va a realizarse en la playa del Marenyet situada entre la desembocadura del río Júcar y el Estany Gran, perteneciente al término municipio de Cullera (Valencia).

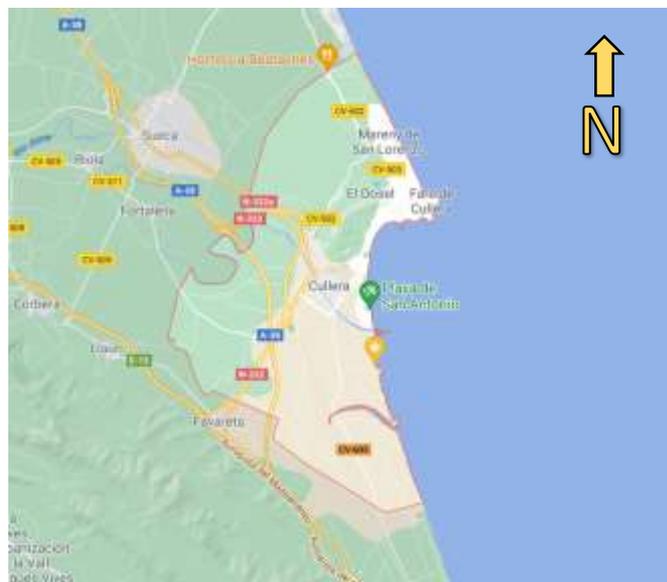


Figura 1. Foto aérea del municipio de Cullera

El municipio se localiza al sur de la provincia de Valencia, exactamente a 46 kilómetros de la ciudad de Valencia como se observa a continuación en la Figura 2, “Localización del municipio respecto de la capital”.

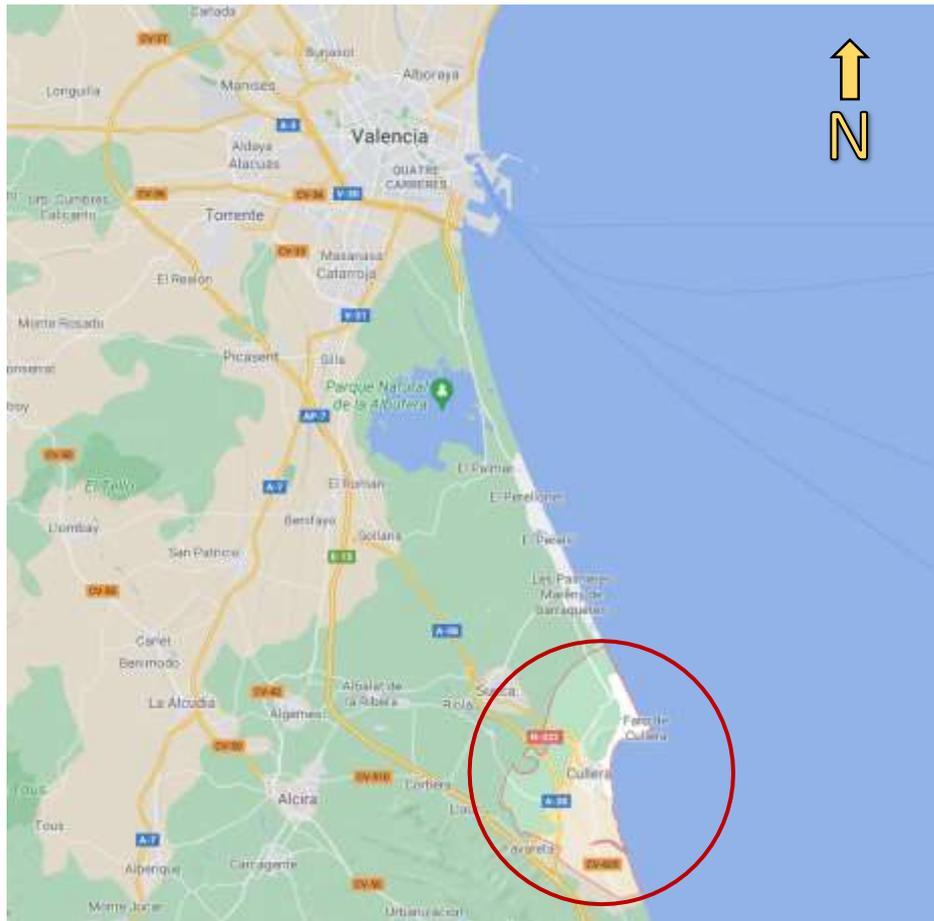


Figura 2. Localización del municipio respecto de la capital

La localidad de Cullera tiene una superficie de 53,8 km², con una población de 21.918 habitantes (2018) y una densidad de 418,44 hab. /km². La playa del Marenyet, objeto de este proyecto, tiene una longitud aproximada de 950 metros.

Para ser más concretos, se muestra en la Figura 3, “Tramo localizado entre la desembocadura del Júcar y el Estany Gran”.



Figura 3. Tramo localizado entre la desembocadura del Júcar y el Estany Gran

4. Estado actual

Para empezar, se van a describir todos los elementos significantes que influyen en la dinámica litoral y que se encuentran en el tramo previamente localizado en el orden de Norte a Sur.

En primer lugar, se encuentra la desembocadura del río Júcar encauzada con sendos espigones transversales. La desembocadura realiza un aporte constante de caudal sólido que en gran medida es aportado al Norte en la playa de San Antonio y, a su vez, la desembocadura genera una pequeña sedimentación al Sur además de una erosión haciendo que la playa del Marenyet esté en clara regresión, es decir, el retroceso de la playa en el transcurso de la dinámica litoral a lo largo del tiempo, es aconsejable acudir al Anejo número 5, titulado: “Evolución de la Línea de Costa” donde se explica y se demuestra esta afirmación.



Figura 4. Localización de las playas de San Antonio y la del Marenyet

A continuación, se sitúa la playa seca que hay a día de hoy en el Marenyet que tiene aproximadamente 950 metros de longitud y 25 metros de anchura, muy variable por la dinámica litoral ya que como se ha mencionado se encuentra en regresión. Después, se localizan protecciones longitudinales de escollera para la defensa de la zona residencial urbanizada, esta técnica se va a utilizar a lo largo de toda la línea de costa inclusive entre espigones transversales y exentos debido a la gran erosión que presenta esta zona. La primera obra marítima que genera una singularidad geométrica positiva son dos espigones transversales (uno de ellos en “L” y abierto por un lateral) generando una pequeña playa encerrada entre ambos espigones tal y como se puede ver en la Figura 5, “Sedimentación de arena generada entre dos espigones”.



Figura 5. Sedimentación de arena generada entre dos espigones

La singularidad geométrica positiva mencionada provoca una clara erosión a sur de esta por lo que, de no ser por las continuas protecciones longitudinales de escollera, las viviendas situadas en la zona mostrada se verían seriamente afectadas. Cabe destacar, el espigón transversal que se nota muy deteriorado por el paso del tiempo.



Figura 6. Protecciones longitudinales y espigón deteriorado

Finalmente, se localiza una batería de espigones además del encauzamiento del Estany Gran mediante sendos espigones transversales situados con una orientación oblicua respecto de la línea de costa. Hablando más concretamente de la batería de espigones, se presentan dos espigones transversales en forma de "T" con su respectiva sedimentación al Sur y erosión al Norte (por la erosión se repite el proceso referido a la protección longitudinal para evitar daños en las zonas residenciales) debido a su forma singular. Antes de la desembocadura del Estany Gran se encuentran dos espigones exentos con la formación de sus respectivos tómbolos, hay que añadir que el último espigón exento tiene forma de flecha y es de un tamaño considerable



creando además de su respectivo tómbolo, un depósito de arena en la misma desembocadura del Estany Grand.

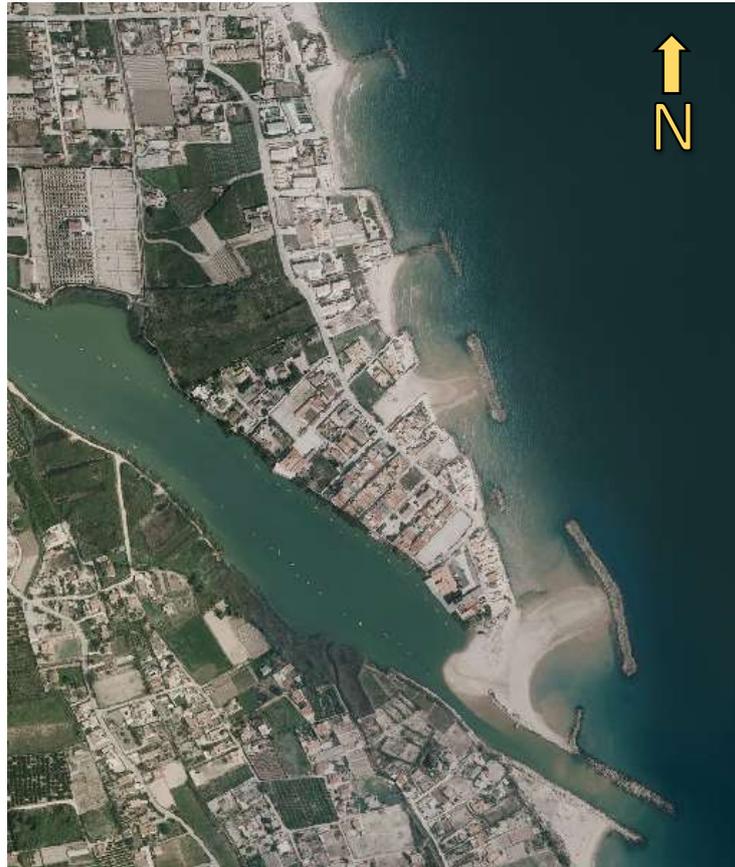


Figura 7. Batería de espigones y desembocadura del Estany Gran

En relación con el Estany Gran, a simple vista el lector podrá apreciar que se trata de una laguna costera que efectivamente lo es, pero se comporta como un estuario. El principal motivo de tal comportamiento es debido a la convivencia de aguas marinas y continentales en un equilibrio dinámico constante. Es la acción antrópica la responsable de las entradas mientras que, de las salidas es el régimen de vientos quien las provoca. El funcionamiento del ecosistema del Estany Gran viene determinado por la cantidad y la calidad de las aguas continentales que provienen del Mar Mediterráneo y por tanto, dependerán de estos factores el desarrollo de las actividades de la fauna y la flora.

Por otra parte, el Estany Gran realiza una función de recepción tanto de drenajes superficiales procedentes de los cultivos de la zona como de las surgencias subterráneas que proceden de la Ribera del Júcar. Esto provoca una convergencia de aguas dulces y marinas lo que conlleva a una diversidad de ambientes y por tanto lo convierte en un estuario único de gran riqueza ecológica.



Figura 8. Estany Gran

5. Estudios previos

5.1. Clima marítimo y dinámica litoral

El estudio sobre el clima marítimo y la dinámica litoral se ha hecho en referencia a la información histórica ofrecida por el Punto SIMAR 2083110, en la Figura 9, "Localización del Nodo SIMAR" a continuación se puede observar donde se localiza.

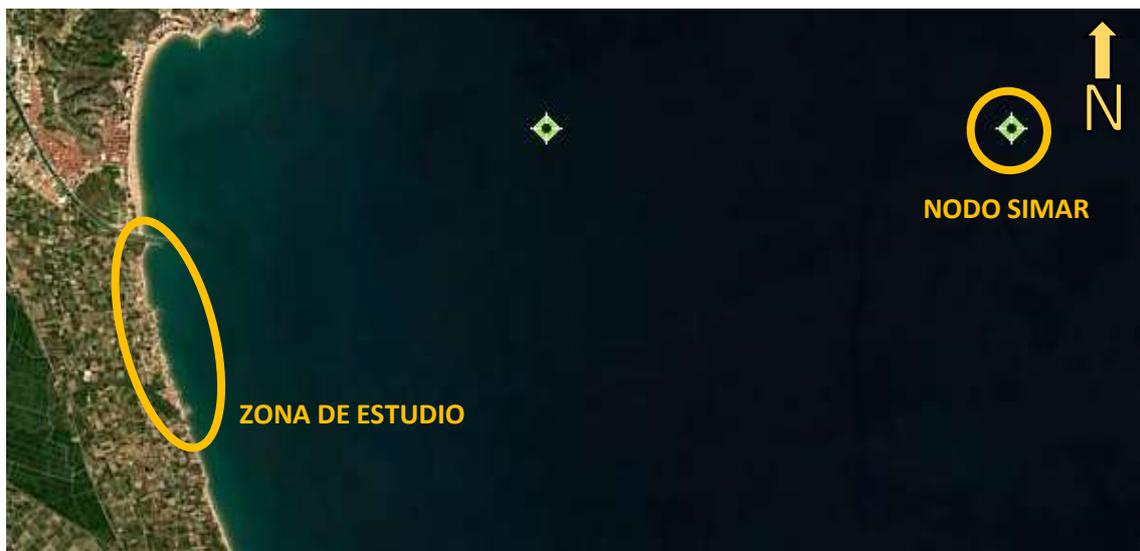


Figura 9. Localización del Nodo SIMAR

Desde una perspectiva general, el régimen medio del oleaje en Cullera se puede destacar que la altura media de la ola es inferior a 1 metro con una frecuencia aproximada del 80 %. Existe un porcentaje de olas con una altura entre 1 a 2 metros cuya frecuencia es del 12%. Después de



analizar el clima marítimo, se puede concluir que se trata de una zona con situaciones de baja energía, pero bajo circunstancias de temporales se llegan a observar alturas de ola de cerca de 5 metros.

Gracias al nodo SIMAR escogido más cercano a la zona a analizar se observan claramente que la dirección predominante es ENE seguida de la NE, tal y como se puede ver en la Figura 10, “Rosa de Oleaje Anual (Nodo SIMAR 2083110)” .

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 2083110

PERIODO : Anual

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - May. 2017

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 13.83 %

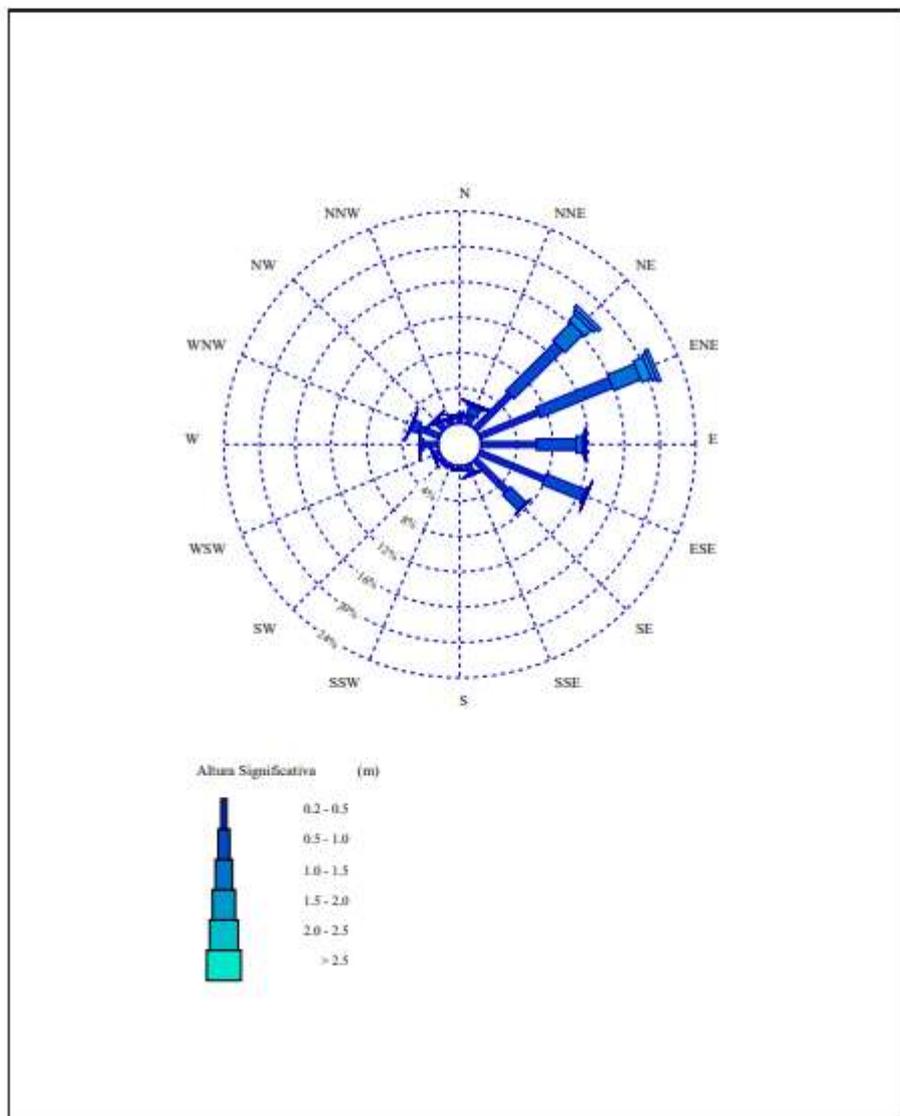


Figura 10. Rosa de Oleaje Anual (Nodo SIMAR 2083110)

Por otra parte, también se puede extraer la información anual de vientos del mismo punto SIMAR 2083110 tal y como se muestra en la siguiente Figura 11, “Rosa de vientos anual”.



ROSA DE VELOCIDAD MEDIA

LUGAR : WANA2083110

PERIODO : Anual

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1996 - Oct. 2013

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 1.0

PORCENTAJE DE CALMAS : 3.64%

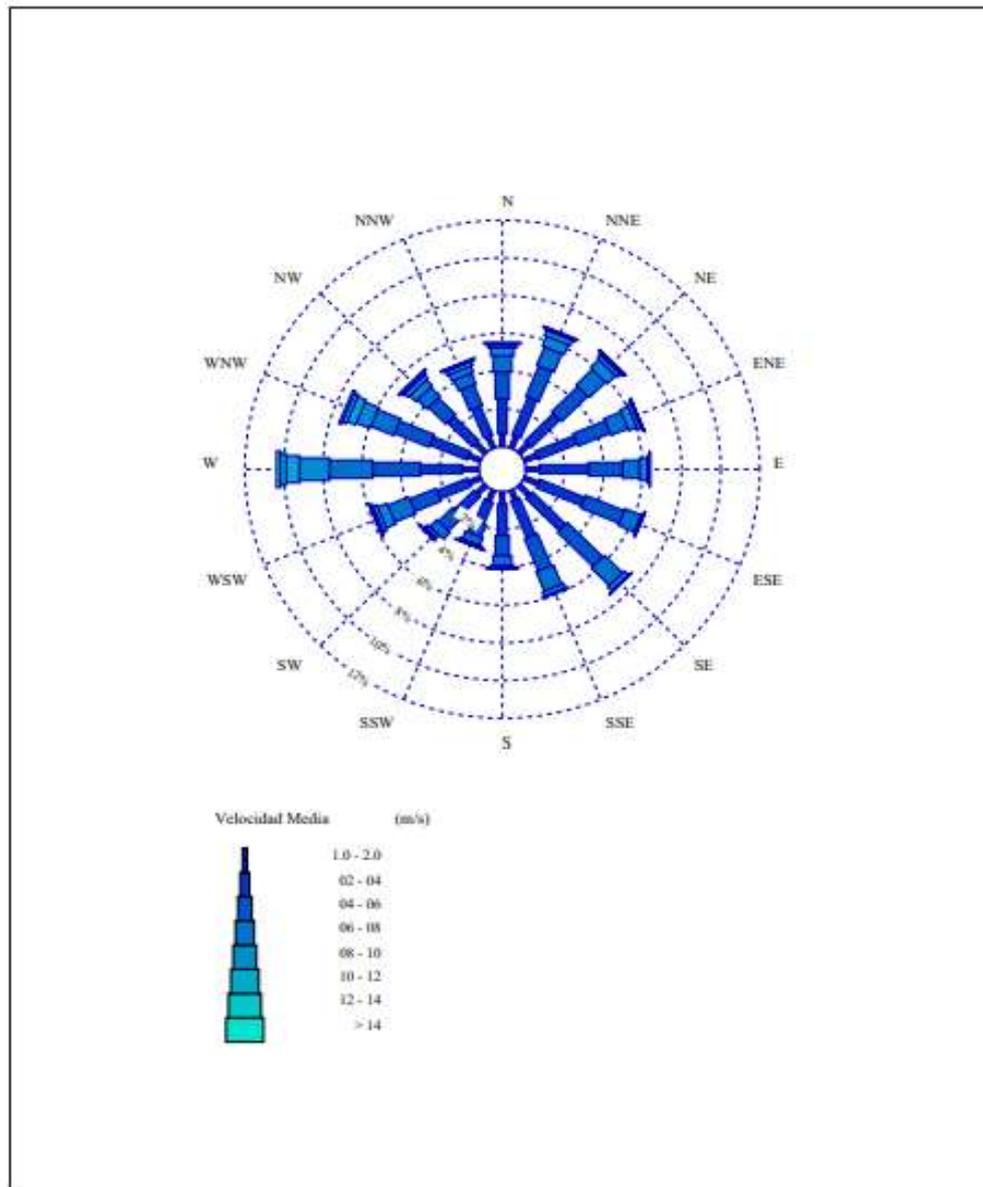


Figura 11. Rosa de vientos anual



La máxima frecuencia de velocidad de vientos se observa claramente en el histograma anual que es de 4 m/s.

LUGAR : WANA2083110

CRITERIO DE DIRECCIONES: Precedencia

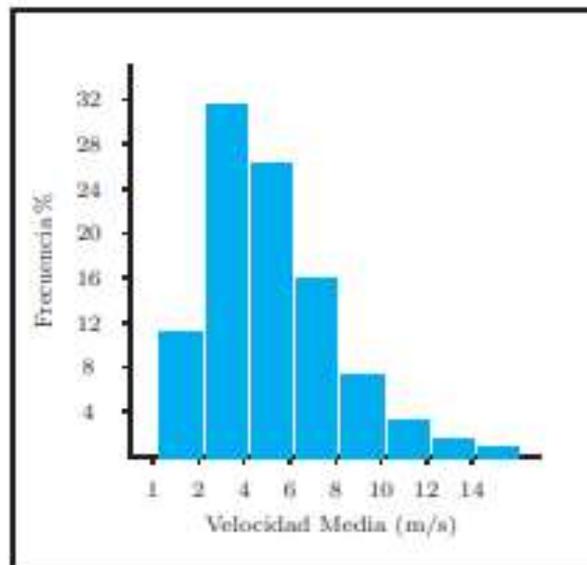


Figura 12. Histograma de velocidad/frecuencia de vientos anual

Por último, para realizar un análisis completo de la zona no hay que olvidar el régimen extremal y, dado que el Punto SIMAR 2083110 no aporta dicha información ha sido preciso utilizar la "Boya de Valencia I".

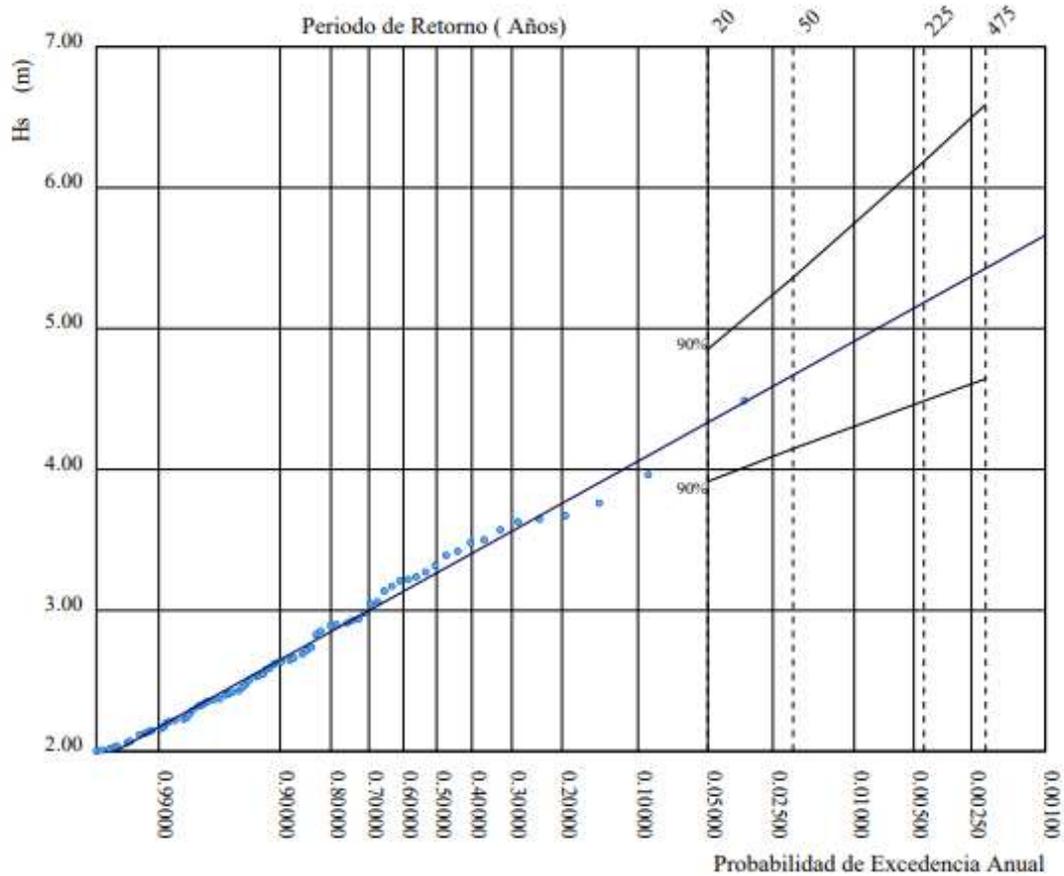


Figura 13. Localización Boya Costera de Valencia I



REGIMEN EXTREMAL ESCALAR DE OLEAJE

LUGAR : Valencia
 PARÁMETRO : Altura Significante SERIE ANALIZADA : Sep. 1985 - Mar. 2005
 PROFUNDIDAD : 21.0



P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	225.00	475.00
Estima Central de Hs (m)	4.33	4.67	5.18	5.43
Banda Sup. 90% Hs	4.85	5.36	6.18	6.59
Valor Esperado de Tp (s)	10.27	10.67	11.25	11.51
Prob. de Exc. en 20 Años	0.64	0.33	0.09	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.64	0.20	0.10

Figura 14. Relación Hs/Probabilidad de Excedencia

Finalmente, en lo relativo a la dinámica litoral, se ha estudiado el transporte sólido litoral en el tramo. Para ello se ha utilizado el Punto SIMAR descrito previamente (Nodo SIMAR 20381110) para extraer la información relativa a la altura de ola significativa (Hs) y la probabilidad de dirección de procedencia en porcentaje (%). A continuación, se muestra la Figura 15, "Hs – Dirección de Procedencia % (Las direcciones objeto del estudio)" donde se detalla esta información ya implementada en la herramienta Excel para agilizar los procesos de cálculos que se van a describir.



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	13.830													13.830
N 0.0		.576	.269	.066	.039	.012	-	-	-	-	-	-	-	.963
NE 45.0		5.546	7.742	2.896	.981	.447	.205	.120	.042	.021	.008	.010	-	18.019
ENE 67.5		7.119	8.792	3.239	1.174	.472	.212	.103	.039	.011	.003	-	-	21.165
E 90.0		6.190	4.463	.746	.200	.075	.017	.005	-	-	-	-	-	11.696
ESE 112.5		7.857	4.713	.303	.023	.006	.001	.001	-	-	-	-	-	12.905
SE 135.0		5.026	2.465	.116	.007	-	-	-	-	-	-	-	-	7.614
SSE 157.5		1.011	.258	.013	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	1.283
S 180.0		.493	.070	.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.564
SSW 202.5		.340	.040	.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.381
SW 225.0		.436	.051	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.490
WSW 247.5		.646	.125	.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.776
W 270.0		1.616	.430	.029	.006	-	-	-	-	-	-	-	-	2.082
WNW 292.5		2.550	.719	.156	.010	.002	.003	-	-	-	-	-	-	3.440
NW 315.0		1.208	.260	.065	.011	.002	-	-	-	-	-	-	-	1.546
NNW 337.5		.600	.169	.043	.013	.003	-	-	-	-	-	-	-	.828
Total	13.830	42.265	31.494	7.962	2.570	1.052	.451	.240	.082	.032	.011	.010	-	100 %

Figura 15. Hs – Dirección de Procedencia % (Las direcciones objeto del estudio)

Para el caso del presente estudio se ha utilizado la fórmula del C.E.R.C (Coastal Engineering Research Center) que se basa principalmente en el caudal medio de sedimentos a través del flujo paralelo a la línea de costa, es decir, Longshore transport. Concretamente, la fórmula empleada ha sido la siguiente:

$$Q \left(\frac{m^3}{año} \right) = 2045 \times 10^3 \times f \times H_0 \times (\cos \alpha)^{\frac{1}{4}} \times (\sin 2 \times \alpha) \times k_0 \times k_g$$

- Q = metros cúbicos de transporte sólido al año
- f = probabilidad de altura de ola
- H₀ = altura de ola significativa
- α = Ángulo de incidencia
- k₀ = factor de probabilidad de presentación de una determinada dirección del oleaje (Psector). Gracias al Anejo I de la ROM 0.3-91 y, acudiendo al apartado donde se localiza el tramo a estudiar (Área VII).
- k_g = factor de forma que representa la relación entre el sector que genera transporte en una dirección y el sector completo en la dirección que corresponda, la dirección N-S tendrá k_g (+) y la S-N será k_g (-). Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$k_g = \frac{\text{Ángulo real del sector}}{22.5^\circ}$$

El sentido de la resultante del tramo se ha concluido que es Norte-Sur tras haber estudiado el apartado número cuatro de la memoria titulado “Estado Actual”, el Anejo número uno titulado “Clima Marítimo” y el Anejo número dos, titulado: “Dinámica Litoral”.



El ángulo de incidencia a estimar es aquel entre la normal a la línea de costa respecto de cada uno de los sectores y, por tanto, es preciso saber la orientación de esta respecto del Norte. Para ello, se utilizó la herramienta de Google Earth dando como resultado que el tramo está desviado 20 grados a la izquierda respecto del Norte.

Finalmente, con todos los datos y la ecuación del CERC ya implementada en Excel, se observa en la Figura 16, “Transporte neto anual” que el transporte neto es de aproximadamente de 480.000 m³/año.

Dirección	kg (+)	Q (+)	kg (-)	Q (-)
NE	1	-237582.642	0	0
ENE	0.11111	64384.87722	0.8888	515032.6602
E	0	0	1	95756.49946
ESE	0	0	1	-4686.095865
SE	0	0	1	46148.06623
SSE	0	0	0.1111	-1181.3896
Transporte neto anual (m ³ /año)		477871.9756		

Tabla 1. Transporte neto anual

Para un mayor detalle y explicación de la procedencia de los datos se recomienda acudir al Anejo número dos, titulado: “Dinámica Litoral”.



5.2. Batimetría

A continuación, se adjuntan la Figura 17, “Batimetría del tramo analizado” para previsualizar la batimetría de la zona y que el lector tenga una pequeña noción de las características batimétricas del tramo. Se aporta el respectivo plano en el Anejo número 3.

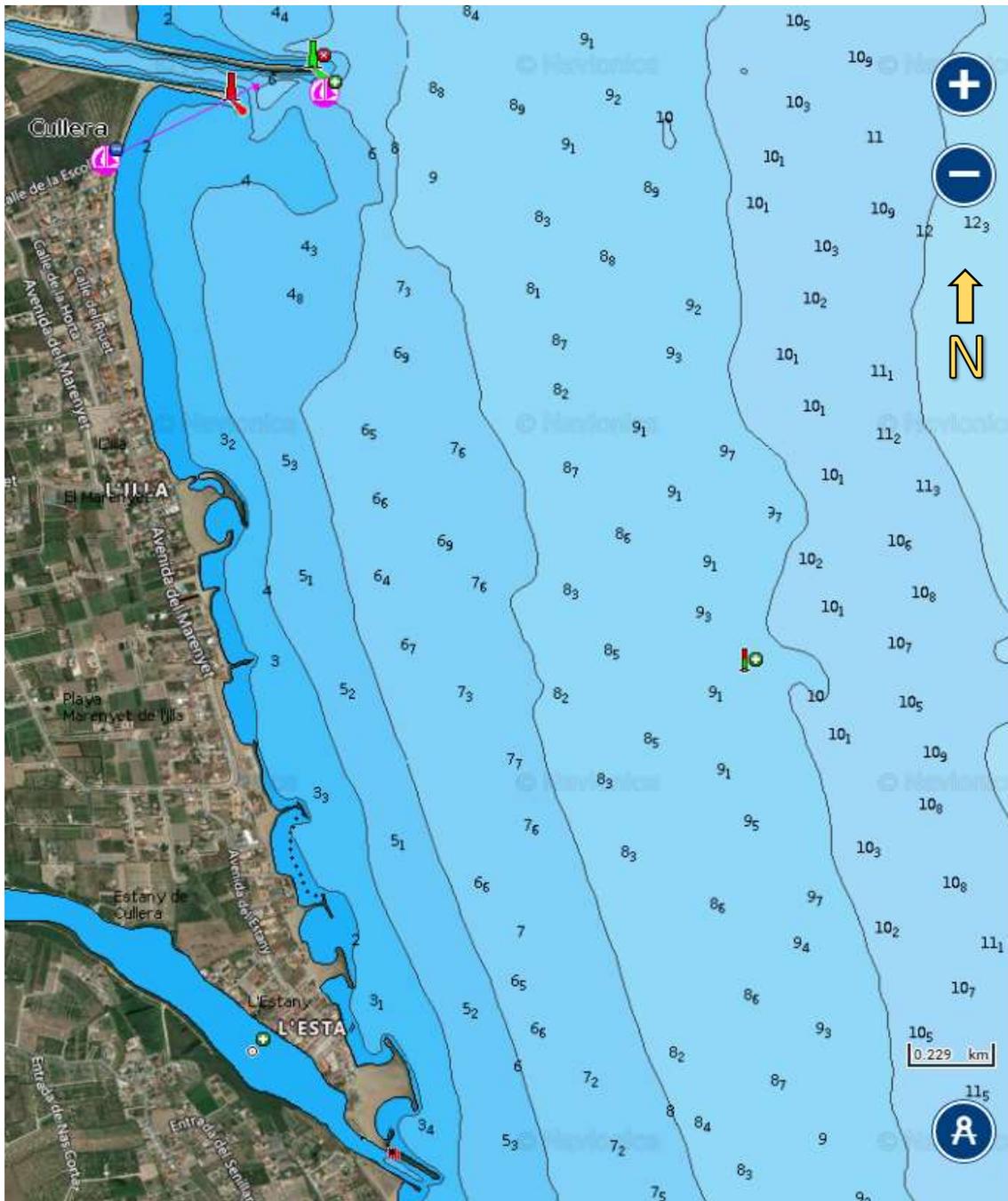


Figura 16. Batimetría del tramo analizado



5.3. Cambio climático

Para analizar el cambio climático se ha utilizado la herramienta Excel para hacer una predicción aproximada desde el 2005 hasta el 2098 sobre el nivel del mar, el resultado ha sido el siguiente:

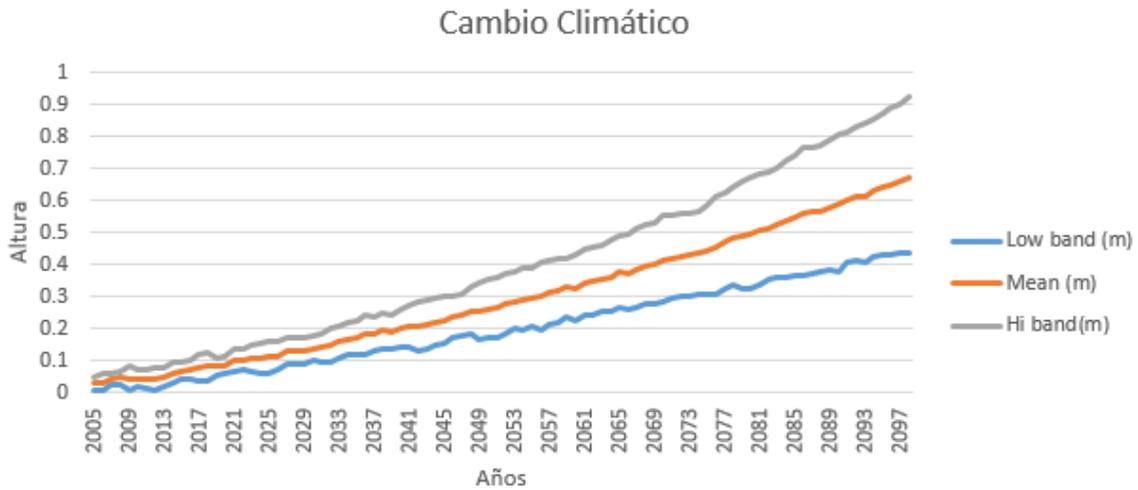


Figura 17. Incremento del nivel del mar por el Cambio climático

Los datos recogidos para poder crear la gráfica mostrada son del Mediterráneo Norte, es decir, de donde pertenece el tramo objeto del estudio de soluciones. Tal y como se observa en la Figura 18, "Incremento del nivel del mar por el Cambio climático" el nivel del mar tiende a aumentar en los próximos años de manera significativa, lo que se espera que con el tiempo aumente la cota de inundación del tramo.

5.4. Cota de Inundación

Uno de los datos más importantes relacionados con la viabilidad de obras marítimas y edificaciones en un tramo de costa o cercano al cauce de un río, tal y como podemos encontrar en el caso de tramo a analizar, es la cota de inundación, donde precisamente en la zona objeto del estudio cada vez que se produce un temporal suele haber una inundación ocasionando graves daños materiales.

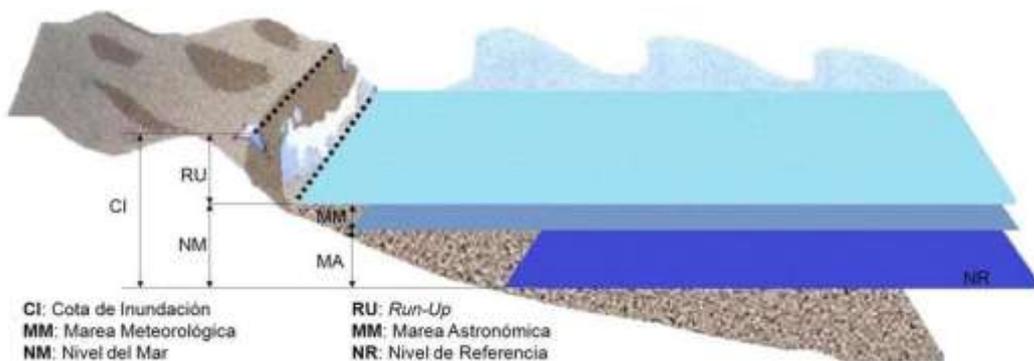


Figura 18. Croquis ilustrativo del concepto de Cota de Inundación

Con todo ello, es preciso calcular la cota de inundación mediante el procedimiento correspondiente:

$$\text{Cota de inundación} = \text{CM} + \text{CC} + (0.2 * \text{Hs})$$



CM: Carrera de Marea = 0.82 metros (Mareógrafo de Gandía, 2019)

CC: Altura debida al Cambio Climático = 0.35 metros

Hs: Altura de ola significativa = 0.3 metros

$$\text{Cota de inundación} = 0.82 + 0.35 + (0.2 \times 0.3) = \mathbf{1,23 \text{ m}}$$

5.5. Evolución de la línea de costa

Durante los últimos cincuenta años la evolución del tramo de costa, objeto de este proyecto, se ha visto totalmente afectada por las obras realizadas tanto en la labor de protección de la costa mediante espigones como por las respectivas desembocaduras del Estany Gran y el río Júcar.

Sin embargo, la obra más importante realizada en el tramo es el encauzamiento del Júcar entre los años 1947 y 1956. Según las cartas náuticas se supone que en el 1877 la desembocadura se situaba 200 metros más al sur.



Figura 19. Ortofoto del tramo del año 1956

Desde su fecha de construcción se han ido realizando una serie de prolongaciones para mejorar su función. En sus inicios, los diques de la desembocadura tenían una longitud respecto de la línea de costa de unos 400 metros. Más tarde, sobre los años 1981 y 1986, el dique situado al norte se alargaría unos 100 metros mientras que el situado al sur unos 20 metros. Finalmente,



al inicio de la década de los noventa se realizó un nuevo alargamiento quedando el dique norte a unos 450 metros y el sur a 200 metros de la línea de costa. Los principales motivos que animaron a los respectivos alargamientos fue la rápida progradación de la costa al norte y la grave incisión al sur además de la protección de los márgenes del río y hacer de protección para el puerto pesquero y deportivo situado un kilómetro al norte.

Por otra parte, es importante recalcar la consecuencia de los diques a la evolución de la costa valenciana dado que después de varias décadas observando la dinámica se ha podido extraer la idea de que los diques actúan como una barrera al transporte longitudinal de sedimentos, obteniendo así una componente neta anual en sentido norte-sur. Es preciso destacar la hipótesis lanzada por Pardo Pascual, J.E en 1990 sobre el comportamiento de la costa debido a los nombrados diques. Según Pardo la construcción de los diques de encauzamiento del Júcar ha creado un sistema sedimentario semicerrado lo que provoca que las playas situadas al norte del mismo encauzamiento sigan una dinámica sedimentaria pendular.

En cuanto al resto del tramo, hay que describir al completo la cronología de la construcción de las innumerables protecciones de la costa que se han ido realizando a través de las décadas. Comenzando entre los años 1967 y 1977 en la que en la playa del Marenyet que se ejecuta un pequeño embarcadero además un espigón que coincidía con la desembocadura del Estany Gran realizado por los propietarios para la protección de las residencias a primera línea de playa. Todas las obras realizadas en este periodo no constaban con un proyecto previo, pero posteriormente fueron legalizadas.

Fue a finales de los setenta cuando se ejecuta la desembocadura del Estany Gran mediante los diques oblicuos respecto de la línea de costa.

Finalmente, en la década de los ochenta fue cuando, gracias a la Demarcación de Costas de Valencia se presentaron distintos proyectos como la ejecución de dos espigones transversales además de las protecciones longitudinales para cada propiedad y así realizar la correcta defensa de las edificaciones de primera línea de playa. Posteriormente, durante la misma década, la ejecución de cinco defensas exentas de distintas dimensiones creando tómbolos y aportando un aumento de arena en la contornada del Estany Gran que, a lo largo de este periodo venía siendo escasa debido a la fijación de la línea de costa por las protecciones longitudinales ya ejecutadas por la Demarcación de Costas de Valencia.

Con lo explicado el lector se puede hacer una idea de la cronología general de la evolución del tramo de costa. Para adquirir una información más concreta de que sucedió y los motivos por los que se construyeron las infraestructuras descritas acudir al Anejo número seis, titulado: "Evolución de la línea de costa".

Hoy en día el tramo se observa en la Figura 20, "Estado actual de la línea de costa".

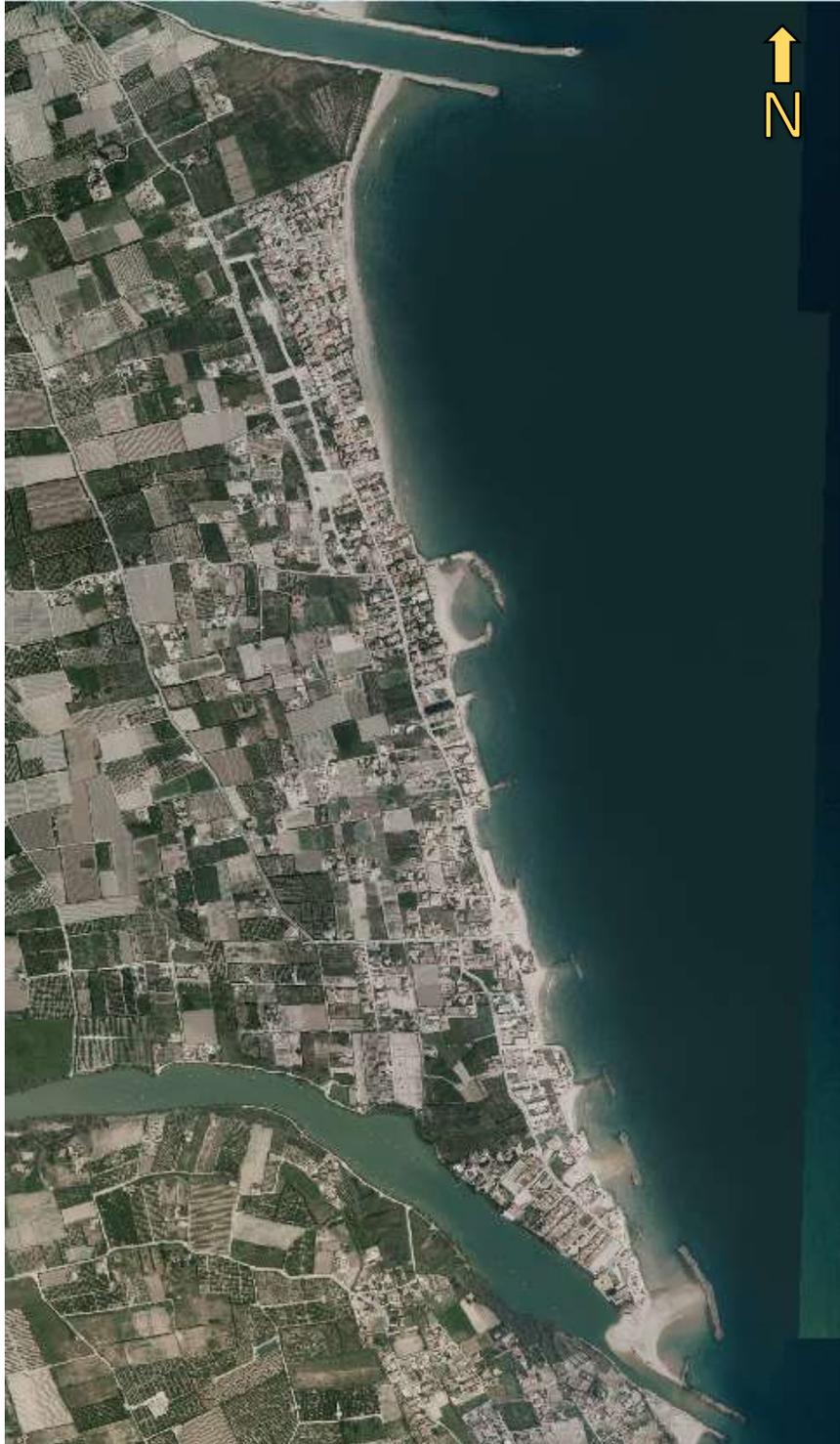


Figura 20. Estado actual de la línea de costa

Para finalizar se adjunta la Figura 21, “Comparación de líneas de costa, Actual (Azul) – año 1956 (Rojo)” donde se detalla la línea de costa actual en una imagen de la línea de costa del año 1956. Visualizando claramente el retroceso de la línea de costa.



Figura 21. Comparación de líneas de costa, Actual (Azul) – año 1956 (Rojo)

5.6. Medio socioeconómico

Utilizando el Visor cartográfico de la Generalitat Valenciana se pueden diferenciar claramente los usos del suelo lo cual puede dar una información muy útil sobre el tramo del que trata este trabajo. Con todo ello dentro del visor se ha procedido a analizar dicho uso del suelo mediante la perspectiva del SIOSE en 2015 (la fecha es la más reciente ofrecida por el visor, además, en los años ofrecidos por el mismo para poder visualizar no se presenta una diferencia significativa por lo que se ha supuesto que hoy día tampoco ha variado).

En primer lugar, por parte del SIOSE se denota de color salmón todas las edificaciones construidas a lo largo del tramo entre ellas la de primera línea de costa ya mencionadas, con el color ocre claro toda la playa y obras ejecutadas. Lo más peculiar de la zona son las parcelas dedicadas al cultivo de cítricos en color naranja y de frutales no cítricos de color verde además de dos zonas claramente diferenciadas que se tratan de marismas en la desembocadura del Estany Gran de color azul claro. Se puede observar todo el descrito en la Figura 22, "SIOSE 2015".

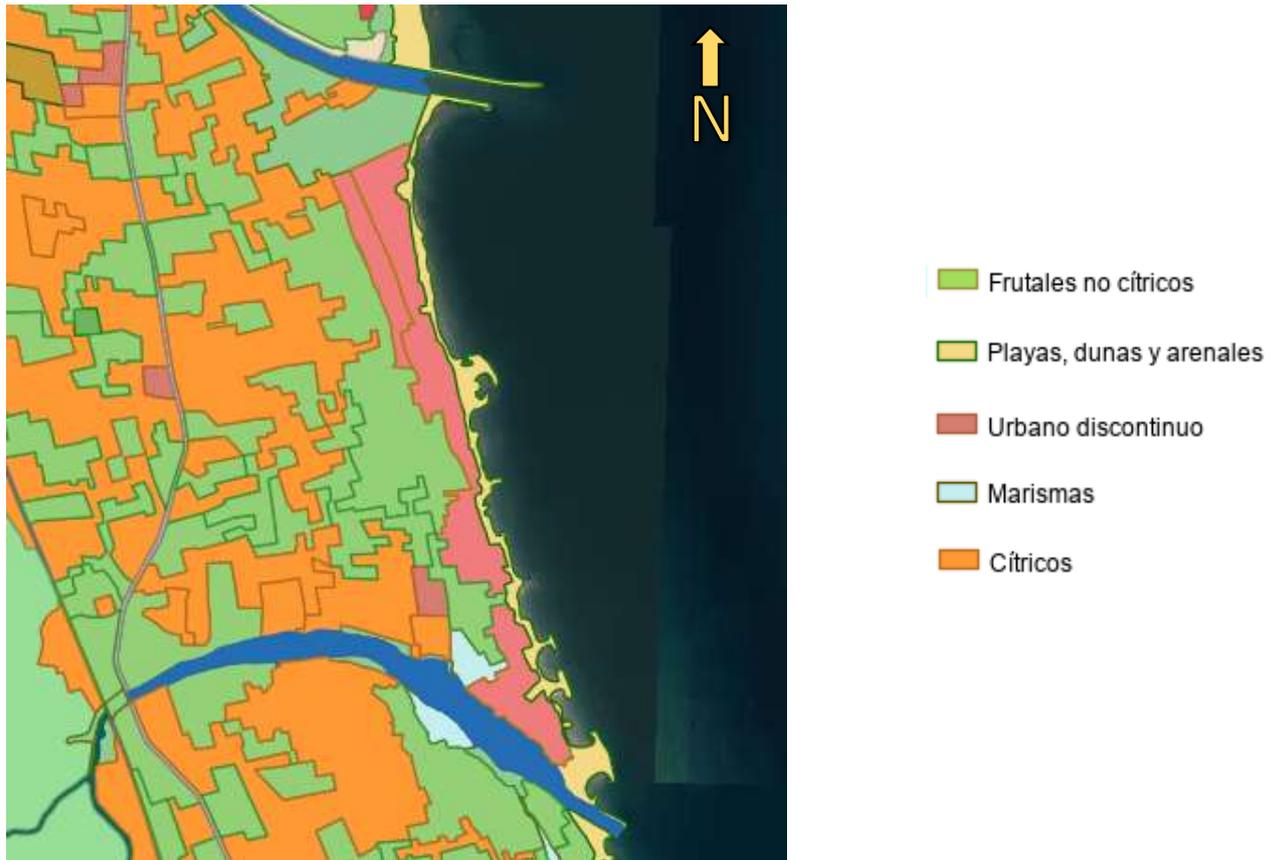


Figura 22. SIOSE 2015

Después de analizar los usos del suelo, claramente se trata de una zona principalmente turística y residencial con numerosas playas delimitadas por las protecciones transversales, además, existen dos tipos de comercio local en la zona, siendo una pequeña escuela de surf y la hostelería donde encontramos tres restaurantes y un hotel.

Por otra parte, una de las atracciones populares de la zona es la visita de la Torre del Marenyet que se trata de un lugar de interés histórico dado que fue construida en el siglo XVI con un estilo arquitectónico renacentista.

5.7. Dominio Público Marítimo Terrestre

Gracias al visor del Dominio Público Marítimo Terrestre ofrecido por el Estado se ha podido analizar detenidamente cada parte del tramo.

Para empezar, en la desembocadura del río Júcar el límite de la ribera del mar y el límite del Dominio Público Marítimo Terrestre coinciden, sin embargo, en la misma zona se observa que el límite de servidumbre de protección aprobada no lo hace a excepción de un tramo al comienzo en el margen izquierdo debido a la zona residencial que está pegada al mismo margen.



Figura 23. DPMT de la desembocadura del río Júcar

Por otra parte, a lo largo del tramo hasta llegar al Estany Gran, se puede destacar que parte del dominio público marítimo terrestre aprobado al igual que la servidumbre de protección, también aprobada, llega a colisionar con parcelas de uso residencial, edificadas antes de la aprobación de la Ley de Costas del 28 de julio de 1988.



Figura 24. DPMT del resto del tramo

Es importante añadir la peculiaridad que concierne al Estany Gran, dado que, tanto el límite del dominio público marítimo terrestre como la servidumbre de protección se presenta actualmente en un estado de tramitación, tal y como se pueden observar los respectivos colores de los límites en referencia a la leyenda adjunta en la Figura 24, “DPMT del resto del tramo”.

6. Diagnóstico de problemas

Después de realizar todos los análisis previos, el estudio de soluciones llega a un punto donde se pueden observar ciertos problemas o dificultades que tanto el medioambiente como el medio socioeconómico se puede ven afectados, ya sea por las obras deterioradas debido al tiempo y sin un proyecto previo o por la propia naturaleza del tramo de costa y sus características.

Con lo cual, se pueden observar los siguientes problemas:

- **Barrera de transporte:** Este problema está directamente relacionado con la dinámica litoral del tramo y, después de realizar un análisis en el respectivo Anejo número dos, la barrera más significativa es la propia desembocadura del río Júcar llegando a retener 35.000 m³/año en la playa de San Antonio (playa localizada al Norte de la misma desembocadura) pero aun así aportando un transporte neto de alrededor de 80.000 m³/año y por tanto siendo insuficiente.



Es necesario tener en cuenta que las presas construidas a lo largo del cauce del río Júcar tampoco favorecen a la hora de aportar la sedimentación necesaria para la costa.

Después de realizar un análisis del tramo, claramente se observa que la playa del Marenyet de aproximadamente 1 kilómetro de distancia, que está delimitada al norte con la desembocadura del Júcar y al sur con el Estany Gran, se encuentra en regresión.

Teniendo en cuenta el resto de las obras marítimas ejecutadas a lo largo del siglo XX, estas generan una barrera añadida haciendo que la erosión y, en sí el problema de que no exista playa, se vaya trasladando hasta llegar al Estany Gran, la laguna costera donde se encuentra el siguiente aporte de material sólido.

Otro problema relacionado con el transporte del sólido es que en la desembocadura del Estany Gran, precisamente por la misma desembocadura que esta encauzada con dos espigones transversales oblicuos a la línea de costa, está ocasionando el mismo efecto que en la desembocadura del río Júcar, es decir, sedimentación en la parte Norte de la misma infraestructura pero, añadiendo el propio transporte sólido que aporta la laguna costera y la formación del tómbolo producido por el dique exento ubicado inmediatamente al Norte, se está produciendo una sedimentación excesiva de material sólido y, por tanto, estrechamiento del cauce. En la siguiente Figura 25, "Estrechamiento en la desembocadura del Estany Gran" se puede apreciar dicho problema.



Figura 25. Estrechamiento en la desembocadura del Estany Gran



- **Dominio Público Marítimo Terrestre:** Hay que mencionar que a lo largo del tramo el dominio público marítimo terrestre aprobado colisiona en numerosas ocasiones con las parcelas de las viviendas, destacando principalmente cuatro zonas en la que en el visor se aprecia claramente dicho problema. Comenzando en la playa del Marenyet inmediatamente a continuación de la desembocadura del Júcar, tal y como se aprecia en la Figura 26, "Colisiones con las parcelas de viviendas (1)".



Figura 26. Colisiones con las parcelas de viviendas (1)



Figura 27. Colisiones con las parcelas de viviendas (2)

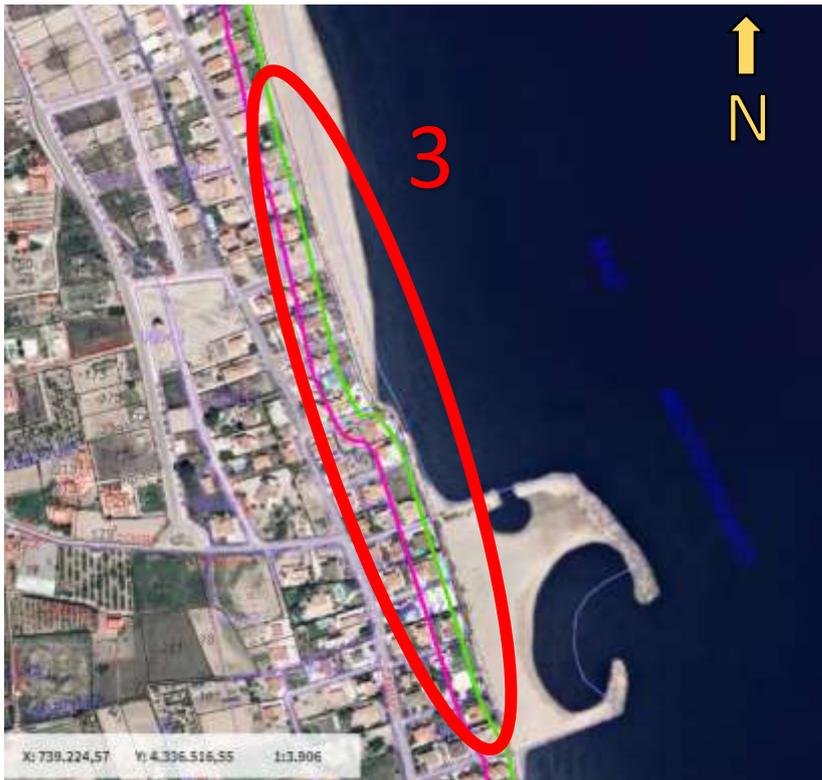


Figura 28. Colisiones con las parcelas de viviendas (3)

Dominio Público Marítimo Terrestre

- Límite DPMT aprobado
- Límite DPMT en tramitación
- Límite Ribera del mar
- Límite SP aprobada
- Límite SP en tramitación



Figura 29. Colisiones con las parcelas de viviendas (4)

Dominio Público Marítimo Terrestre

- Límite DPMT aprobado
- Límite DPMT en tramitación
- Límite Ribera del mar
- Límite SP aprobada
- Límite SP en tramitación

LÍNEAS

- Límites administrativos
- Límite suelo urbano
- Manzana / Polígono
- Parcela
- Construcción/subparcela
- Mobiliario urbano
- Hidrografía
- Zona verde

ATRIBUTOS

- 016 Polígono
- 93985 Manzana
- 15 Parcela urbana
- 33 Parcela rústica
- I+VII Construcciones
- a, b, c Subparcelas
- 5A Nº de policía



- **Zona Natural:** Es de vital importancia preservar el interés y patrimonio medioambiental empezando principalmente por el lugar del tramo donde reside mayor riqueza en este aspecto, se trata de la laguna costera llamada Estany Gran la cual tiene una gran importancia en lo que a biodiversidad además de que se comporta como un estuario donde conviven las aguas continentales y marismas en un equilibrio dinámico constante. A su vez, esta convivencia se ve influenciada por la acción humana además del régimen de vientos en las salidas. Incidiendo sobre las consecuencias de la acción humana sobre el medio, es importante mencionar tres aspectos que interfieren negativamente sobre la nombrada laguna.

El primer aspecto es el uso residencial de la zona que implica un aporte de agua servida al acuífero desde fosas sépticas.

Por otra parte, las infraestructuras viarias localizadas al oeste del Estany como una carretera de ámbito local (CV-605) y una vía férrea (Cullera-Gandía) que actúan como barrera en la dinámica fluvial.

Por último, las obras presentes ya mencionadas como son la desembocadura del Estany provocan una deformación del cauce llegando a interferir en las playas y dunas de interés cercanas llegando a interferir en la biodiversidad

- **Inundación:** Como se ha detallado en el apartado 5.4 titulado “*Cota de Inundación*”, la cota de inundación de la zona en base a los respectivos parámetros para su cálculo (altura significativa de ola, carrera de marea y altura debida al cambio climático) ha dado un resultado de 0.63 metros, lo cual, no se trata de una cota de inundación excesiva y existe bastante margen para que puedan ocurrir inundaciones graves. El problema acaece cuando sobre el tramo precipita un temporal extremo como el último que sucedió entre el 19 y el 20 de enero de 2020. La famosa borrasca fue bautizada con el nombre de Gloria, esta provocó fuertes rachas de viento lo cual causó alturas de ola de más de 8 metros y registrando 75 litros por metro cuadrado llegando a causar graves inundaciones en las viviendas y carreteras del Marenyet. Es de esperar que en la próxima década suceda algo parecido y se necesita urgentemente protecciones eficientes que, como mínimo, traten de reducir los daños ocasionados.

7. Propuesta de alternativas

En el Anejo número 7 titulado “*Estudio de Alternativas*”. Se analizan las posibles soluciones que permiten remediar los problemas previamente mencionados, además, con el objetivo de volver a recuperar la línea de costa original o lo más natural posible tal y como se muestra en la línea de costa del año 1956.

Las alternativas que se han estudiado son las siguientes:

- **Alternativa 0:** No actuación. Esta solución se plantea como no adecuada ya que la no actuación de la zona supondría un deterioro completo de las obras marítimas antiguas y, debido a la gran cantidad de obras de protección y a la dinámica litoral del tramo, nunca se llegaría al objetivo principal que es que la costa, tal y como se presenta hoy día, se parezca lo máximo posible a la del año 1956.
- **Alternativa 1:** Retirada de las defensas obsoletas + Alimentación artificial. Para esta alternativa se pretende obtener una playa lo más constante posible a lo largo de la costa sin realizar una modificación severa de las defensas que ya se encuentran en la zona.



Ejecutando, además, una alimentación artificial en aquellas zonas más afectadas donde no haya nada de playa debido a la erosión.

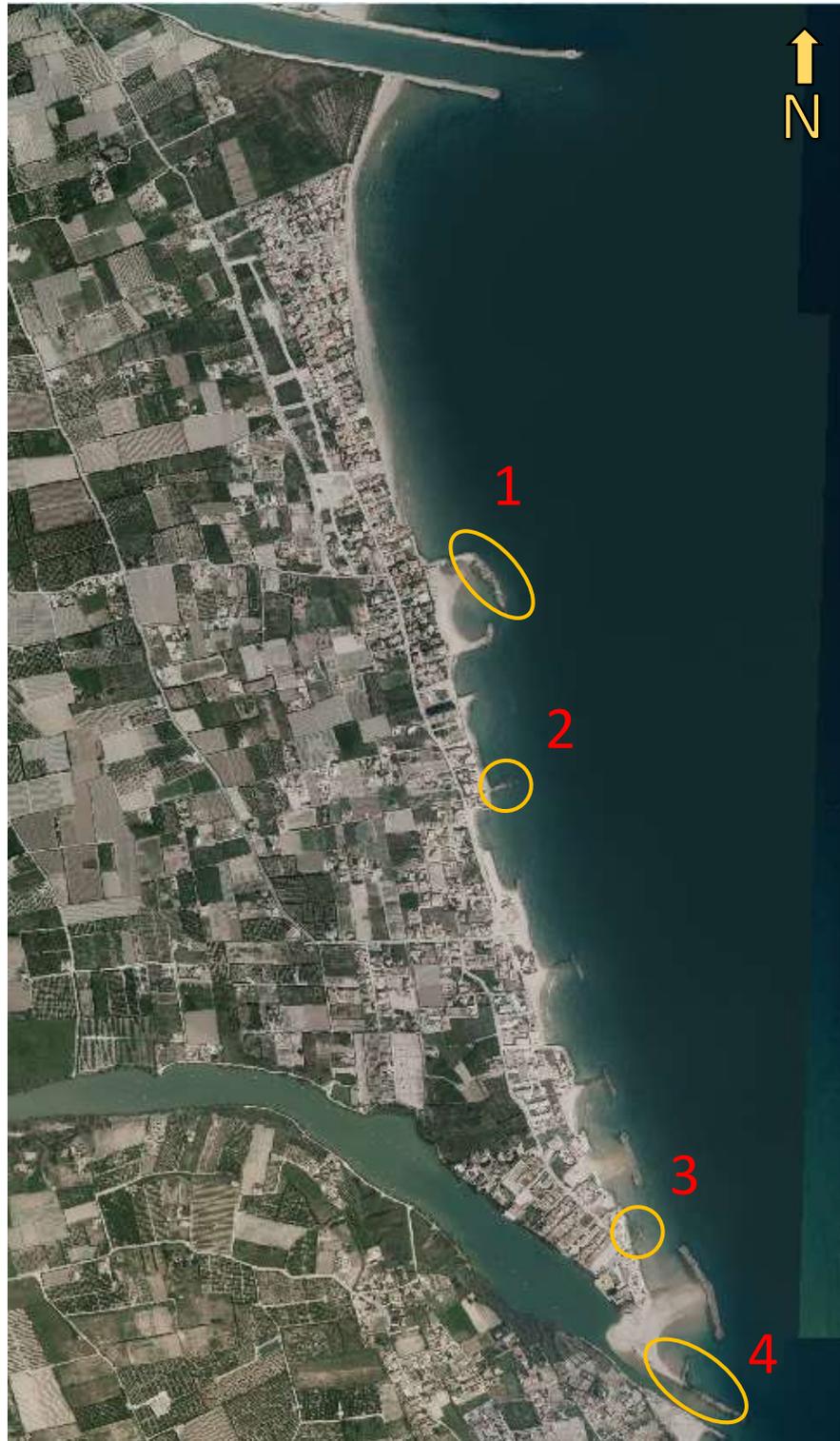


Figura 30. Alternativa 1

- **Alternativa 2:** Completa retirada de las defensas a lo largo del tramo + Alimentación artificial + Defensas transversales. En primer lugar, habría que ejecutar la retirada completa de todas las defensas ya sean longitudinales, transversales y exentas. A



excepción de las desembocaduras tanto del río Júcar y del Estany Gran. Con todo ello, a medida que se van retirando las defensas existentes se construyen los espigones transversales mediante su respectivo proceso constructivo. Estas defensas generarán el efecto barrera, ya descrito en los apartados anteriores, del material sólido proveniente del río Júcar, ya sea de forma natural o mediante alimentaciones artificiales con origen también del río.

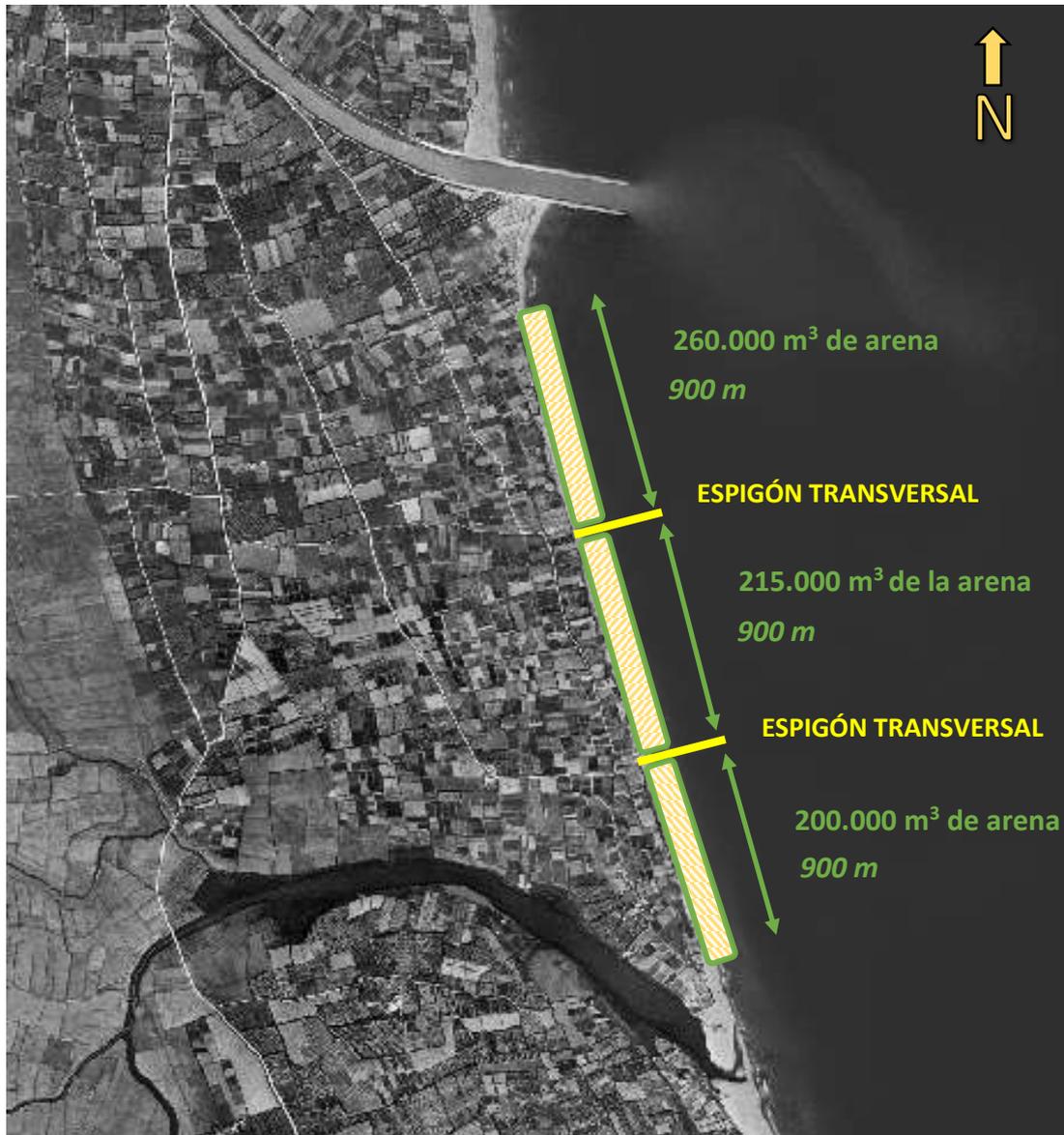


Figura 31. Croquis ilustrativo de la Alternativa 2

- **Alternativa 3:** Completa retirada de las defensas a lo largo del tramo + Alimentación artificial + Defensas con diques exentos. Esta alternativa conlleva la misma metodología que la alternativa anterior, pero con la peculiaridad de las defensas exentas sumergidas y paralelas a la línea de costa. En lo referente a la alimentación artificial se ejecutaría previo a las defensas exentas a lo largo de la costa principalmente porque se considera aconsejable para la aceleración del proceso de regeneración.



Figura 32. Croquis ilustrativo de la Alternativa 3

El método que se ha utilizado para la elección de la alternativa idónea para el tramo ha sido la del Multicriterio. Los criterios a tener en cuenta con los pesos de cada uno son los siguientes:

- **Criterio Funcional:** 35%
- **Criterio Estético:** 20%
- **Criterio Medioambiental:** 25%
- **Criterio Económico:** 20%

$$V.F. = 0,35 \times C. \text{ Funcional} + 0,2 \times C. \text{ Estético} + 0,25 \times C. \text{ Medioambiental} + 0,2 \times C. \text{ Económico}$$

Con la fórmula descrita y analizando cada criterio de cada una de las alternativas, justificado en el Anejo número siete, titulado "Estudio de Alternativas", se obtiene los siguientes resultados:



Alternativa 1		
Criterio	Valoración	Peso
Funcional	10	0.35
Estético	20	0.2
Medioambiental	50	0.25
Económico	30	0.2
Valoración Final	26	

Tabla 2. Resultados de la Alternativa 1

Alternativa 2		
Criterio	Valoración	Peso
Funcional	40	0.35
Estético	50	0.2
Medioambiental	30	0.25
Económico	30	0.2
Valoración Final	37.5	

Tabla 3. Resultados de la Alternativa 2

Alternativa 3		
Criterio	Valoración	Peso
Funcional	90	0.35
Estético	90	0.2
Medioambiental	70	0.25
Económico	20	0.2
Valoración Final	71	

Tabla 4. Resultados de la Alternativa 3

Por tanto, la solución con la valoración más alta (71) y que, según lo estipulado previamente, está en entre los valores de 70 y 90 por lo que la **Alternativa número 3** se considera como **BUENA**. Consiste en la **retirada completa de las defensas existentes en el tramo, realizar una alimentación artificial a lo largo del mismo y la construcción de dos diques exentos sumergidos** paralelos a la línea de costa.

8. Desarrollo de la alternativa

Para realizar una correcta defensa del litoral de la playa del Marenyet se ejecutarán dos diques exentos sumergidos paralelos a la línea de costa que protegerán a la misma del oleaje incidente. De esta manera se evitará parcialmente el transporte sólido del litoral y con ello aumentar el ancho de playa del tramo objeto del estudio.

Por otra parte, en esta alternativa se contempla la retirada completa de las defensas existentes a día de hoy en el litoral ya que, de no ser así, la solución propuesta no sería capaz de realizar el propósito por el que se diseña.



Como se ha mencionado, el principal objetivo de esta solución es aumentar el ancho de playa y la defensa del litoral, para que esto sea así es preciso que los diques formen hemitómbolos entonces se empleará una alimentación artificial para que sirva de contención de las arenas y así formar la morfología descrita.

8.1. Retirada de las defensas existentes

La primera actuación necesaria para poder ejecutar la alternativa escogida es la retirada completa de las defensas a lo largo del tramo principalmente, para que el resto de actuaciones como vienen a ser, la ejecución de los diques exentos sumergido y la alimentación artificial, puedan ejecutar su labor de protección sin que exista ningún elemento que pueda trastocar la dinámica litoral.

8.2. Diques exentos sumergidos

Para comenzar, hay que conocer la altura de ola de cálculo para el diseño de los diques exentos sumergidos y será esta la altura de ola que dado el momento deberán resistir a lo largo de los años. Después de analizar el valor recomendado en cuanto a altura de cálculo ofrecido por el SPM (Shore Protection Manual) se observa que este es mayor que la altura de ola en rotura. Con todo ello se tiene que la altura de ola de cálculo tendrá el mismo valor que la altura de ola en rotura. Para un desarrollo completo del procedimiento de cálculo acudir al Anejo número ocho, titulado: “Desarrollo de la Solución”

$$H_{\text{calculo}} = H_{\text{rotura}} = 5,2 \text{ metros}$$

Dado que la longitud del litoral que se pretende defender tiene una longitud entorno a los tres kilómetros se colocaran la pareja de diques exentos paralelos a la costa con una separación respecto de esta de 260 metros y situados a -5,5 metros, teniendo como cota de coronación unos -0,5 metros del NMM (Nivel Medio del Mar). La longitud de los espigones será de 200 metros y entre ellos una separación de aproximadamente 850 metros.

Por otra parte, la estructura y los materiales de los diques será de la siguiente manera:

- Manto principal de escollera
- Manto secundario de escollera de menor dimensión actuando como filtro
- Núcleo formado por todo – uno

8.2.1. Peso unitario

El peso unitario de cada material que forman los diques se ha calculado mediante la fórmula que el SPM (Shore Protection Manual) ofrece:

$$W = \frac{1}{K_d * \cot\alpha} \times \frac{H^3 \times \rho_s}{(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1)^3}$$

Siendo:

- **W** = Peso del manto (T), Escollera
- **H** = Altura de ola considerada
- **Cot α** = Inclinación de los taludes, teniendo como taludes H2:V1, la pendiente es 2
- **ρ_s** = Peso específico de la escollera = 2,7 T/m³
- **ρ_s / ρ_w** = Peso específico relativo del material respecto del agua marina = 2.637 T/m³



- K_d = Coeficiente de estabilidad, K_d (cuerpo del dique) = 2, K_d (morro del dique) = 1,6

Hay que añadir, que al utilizarse una escollera rugosa para el manto principal se debe de tener en cuenta un grado de daño entre el 20% y 30%. Según el SPM, la relación entre altura de cálculo y altura de cálculo cuando no hay averías para esos porcentajes de grado de daño es de 1,37 por lo que:

$$H = 5,2 / 1,37 = 3,8 \text{ metros}$$

Acudir al Anejo número ocho, titulado “Desarrollo de la Alternativa” para contrastar la relación mencionado con el SPM.

8.2.2. Espesor de los mantos

Lo siguiente a diseñar sabiendo el tipo de material, la estructura y el peso de la pieza es el espesor que tendrá cada manto, para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$r = n \times K\Delta \times \left(\frac{W}{\gamma}\right)^{\frac{1}{3}}$$

Siendo:

- n = Número de capas
- $K\Delta$ = Coeficiente de capa y es 1 por emplearse rocas angulosas colocadas aleatoriamente
- γ = Peso específico de la pieza
- W = Peso en toneladas calculado mediante la fórmula anterior del SPM

Los resultados obtenidos de las fórmulas descritas con los datos ya explicados se observan en la Figura 34, “Resultados de los pesos y espesores del manto principal” y la Figura 35, “Resultados de los pesos y espesores del manto secundario”.

Manto Principal	CUERPO	MORRO
K_d	2	1.6
$cot\alpha$	2	2
$H(m)$	3.79562	3.79562
$\rho_s(T/m^3)$	2.7	2.7
$\rho_s/\rho_w (T/m^3)$	2.634	2.634
$W(T)$	8.460	10.576
$W(kg)$	8460.5	10575.6

Manto Principal	CUERPO	MORRO
n	2	2
$k\Delta$	1	1
$W(T)$	8.46049543	10.5756193
γr	2.7	2.7
$r(m)$	2.927	3.153

Tablas 5 y 6. Resultados de los pesos y espesores del manto principal

Manto Secundario	CUERPO	MORRO
$W(T)$	0.846	1.058
$W(Kg)$	846	1058
$r(m)$	0.679	0.732

Tabla 7. Resultados de los pesos y espesores del manto secundario

8.2.3. Núcleo del dique

En cuanto al núcleo, cuya función es aportar estabilidad a la estructura y con ello impedir la propagación del oleaje a través de este. El material estará formado por todo-uno proveniente de cantera y para establecer un rango de pesos para esta parte del dique se ha utilizado el SPM



donde en la Figura 36. “Recomendaciones de peso para un dique de escollera” extraída del propio manual se detalla que los materiales están entre los valores $w/200$ y $w/4000$. Por tanto, para el caso que concierne a este proyecto los pesos para el núcleo oscilan entre los 2 y 43 kg por pieza.

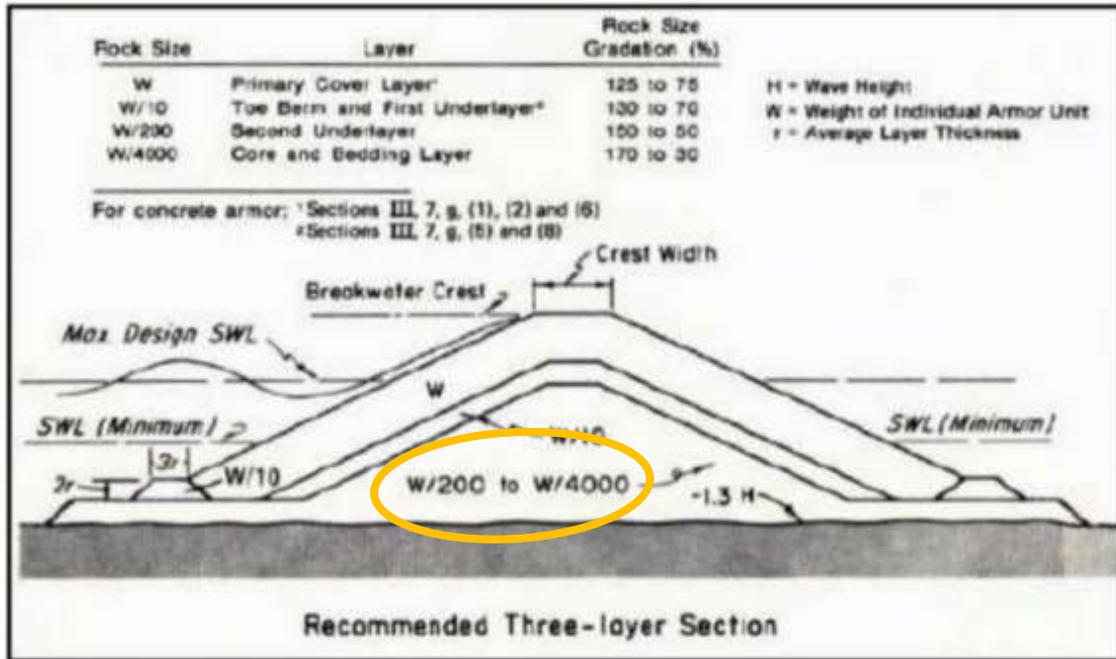


Figura 33. Recomendaciones de peso para un dique de escollera

8.2.4. Ancho de coronación

Finalmente, se ha decidido establecer un ancho de coronación de 9 metros principalmente para facilitar la ejecución de la obra, ya que para la construcción será necesario emplear maquinaria pesada del estilo de camiones, palar y grúas para poder manipular el material y al mismo tiempo tener espacio suficiente para poder ejecutar todas las maniobras convenientes. Sin embargo, se ha procedido a comprobar si el ancho mencionado de 9 metros cumple con los anchos mínimos impuestos por el SPM, la formulación que emplea el manual para esta labor es la siguiente:

$$B = n \times K\Delta \times \left(\frac{W}{W_y}\right)^{\frac{1}{3}}$$

Teniendo como datos:

- n = Número de capas, es decir, 2 capas para este caso
- $K\Delta$ = Coeficiente de capa, será igual a 1
- W = Peso de las piezas en el manto principal
- W_y = Densidad del material, 2,7 T/m³

El resultado tanto para el cuerpo como para el morro del manto principal es:

- B_{min} (Cuerpo) = 2,93 metros
- B_{min} (Morro) = 3,15 metros

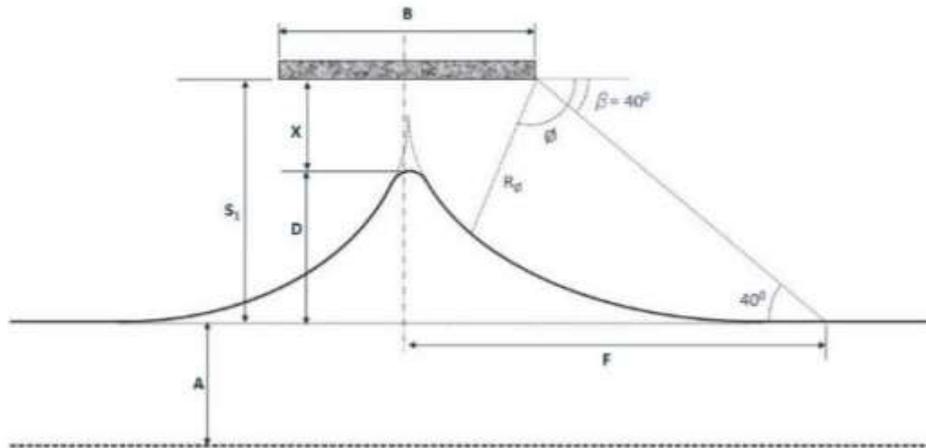
Claramente el ancho escogido supera al mínimo impuesto por el SPM así que se concluye que es correcto.



8.3. Cálculo del hemitómbolo

Una de las intenciones mencionadas previamente para esta alternativa es la formación de hemitómbolos, para ello, se ha utilizado la siguiente metodología estableciendo estos datos:

- Ancho de playa deseado (A) de 60 metros
- Distancia entre el dique y la línea de costa (S₁), 260 metros
- Longitud del dique (B), 200 metros cada dique



A = anchura mínima de la playa
 D = longitud del hemitómbolo
 F = semilongitud del hemitómbolo
 S = distancia del dique exento a la línea de costa original

$$\frac{X}{B} = 0,6784 \left(\frac{S}{B}\right)^{1,2148} \quad S_1 = X + D \quad \frac{S_1}{B} = 0,1112 + 1,082 \frac{S}{B}$$

$$F = \frac{B}{2} + \sqrt{R_0^2 - S_1^2} \quad \frac{R_0}{B} = 0,1737 + 1,6833 \frac{S}{B}$$

$$\frac{F}{B} = \frac{1}{2} + 1,1917 \frac{S_1}{B}$$

Figura 34. Variables implicadas en la formación de un hemitómbolo

Con los datos expuestos, los resultados son los siguientes:

- F = 409,8 metros, la semilongitud del hemitómbolo/tómbolo
- R₀ = 404,6 metros, se trata de la longitud de la línea de control dibujada entre los extremos de los salientes que delimitan la playa
- S = 219,7 metros
- X = 152,1 metros, distancia entre el dique exento sumergido y el tómbolo

Por tanto, la longitud del tómbolo respecto de la línea de costa, D = 107,9 metros.



8.4. Alimentación artificial

El objetivo de este apartado será la estimación del volumen de arena a aportar artificialmente a lo largo del tramo, con la función de que junto los diques exentos se forme una playa constante y de anchura mínima de 60 metros. Además, se tendrán en cuenta la formación de los hemitómbolos previamente dimensionados.

8.4.1. Profundidad de cierre

La profundidad de cierre es aquella profundidad límite hasta donde hay transporte de sedimentos tanto en sentido transversal como en sentido longitudinal.

Para el cálculo de este concepto se utilizará la fórmula de Hallermeier (1978):

$$d = 2,28 \times H_{12} - 68,90 \times \left(\frac{H_{12}^2}{g \times T^2} \right)$$

Siendo:

- d = profundidad de cierre
- H_{12} = Altura de ola significativa excedida doce horas en régimen medio en m, $F(H_{12}) = 1 - 12/365 \times 14 = 0,9986$
- T = Periodo del oleaje en segundos
- g = Aceleración de la gravedad, m/s^2

Utilizando la información aportada por el Punto SIMAR 2083110 cuya localización se concreta en el Anejo número uno, titulado: “*Clima Marítimo*”, se extrae el régimen medio de la altura significativa y, mediante una distribución de Weibull se obtienen los datos requeridos (H_{12} y T), por tanto, la **profundidad de cierre es d = 5,5 metros**.

8.4.2. Características del material

Uno de los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de realizar una aportación artificial de material es el tamaño de este, es decir, el objetivo es encontrar una granulometría lo más parecida a la de la playa original para evitar cambiar la pendiente de esta lo mínimo posible. Para el caso que concierne a la playa del Marenyet esto no es problema ya que se puede extraer el material de la playa de San Antonio que tiene un gran exceso de arena. Esta playa se encuentra al Norte de la desembocadura del Júcar y entonces por proximidad al tramo se entiende que tiene la misma granulometría que la playa del Marenyet, situada al sur de la desembocadura.

8.4.3. Volumen de vertido

En lo referente al cálculo de la cantidad de arena a aportar, se han situado cuatro perfiles a lo largo del tramo tal y como se muestra en la Figura 38, “*Tramo dividido para la alimentación artificial*”.

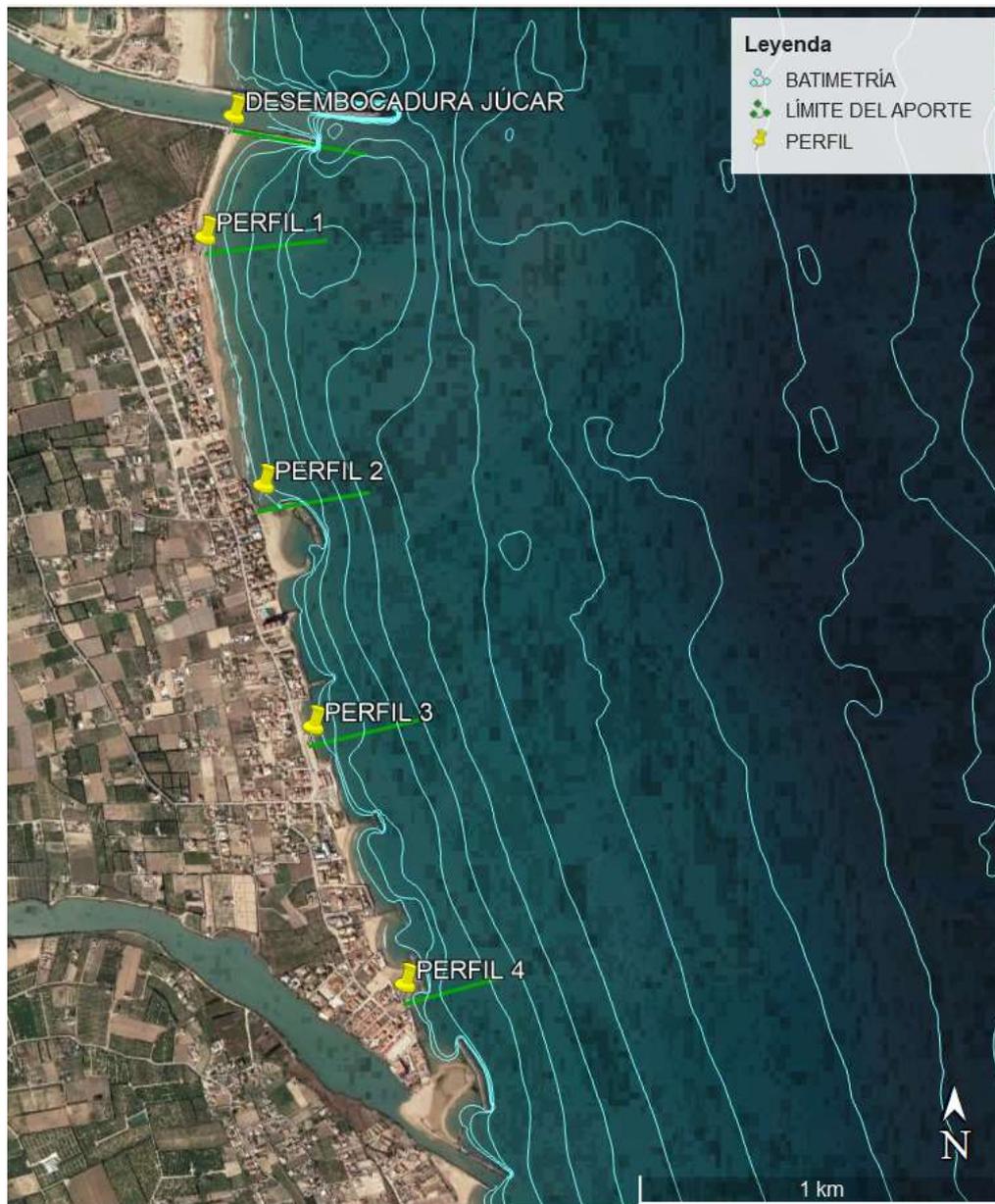


Figura 35. "Tramo dividido para la alimentación artificial"

Los perfiles colocados se utilizarán para superponer el perfil teórico para la alimentación a aportar y se aplica la ecuación de Puig Adam:

$$\text{Volumen entre perfiles} = \frac{\text{Area}_n + \text{Area}_{n-1}}{2} \times \text{distancia entre perfiles}$$

Todo ello para calcular el volumen de arena necesario para conseguir la playa de 60 metros que se pretende diseñar. Para el cálculo del área se ha tenido en cuenta la profundidad de cierre (5,5 metros) y se ha multiplicado por la longitud de la anchura de playa deseada (60 metros). Hay que añadir que se ha limitado la alimentación artificial en el perfil número 4 porque actualmente el Estany Gran tiene un exceso de material en la desembocadura y realizar el aporte calculado sería agravar la situación.



El resultado del volumen de arena a aportar se muestra en la Figura 39, “Volumen de la alimentación artificial”.

TRAMOS	LONGITUD (m3)	VOLUMEN (m3)
DESEMB - P1	345.06	113869.8
P1 - P2	725.6	239448
P2 - P3	660.97	218120.1
P3 - P4	758.83	250413.9
VOLUMEN TOTAL		821851.8

Tabla 8. “Volumen de la alimentación artificial”

8.5. Disposición de la alternativa

Con todo lo diseñado hasta ahora se procede a mostrar en la Figura 40, “Croquis ilustrativo de la disposición de la alternativa” como quedaría la línea de costa una vez ejecutada la obra.

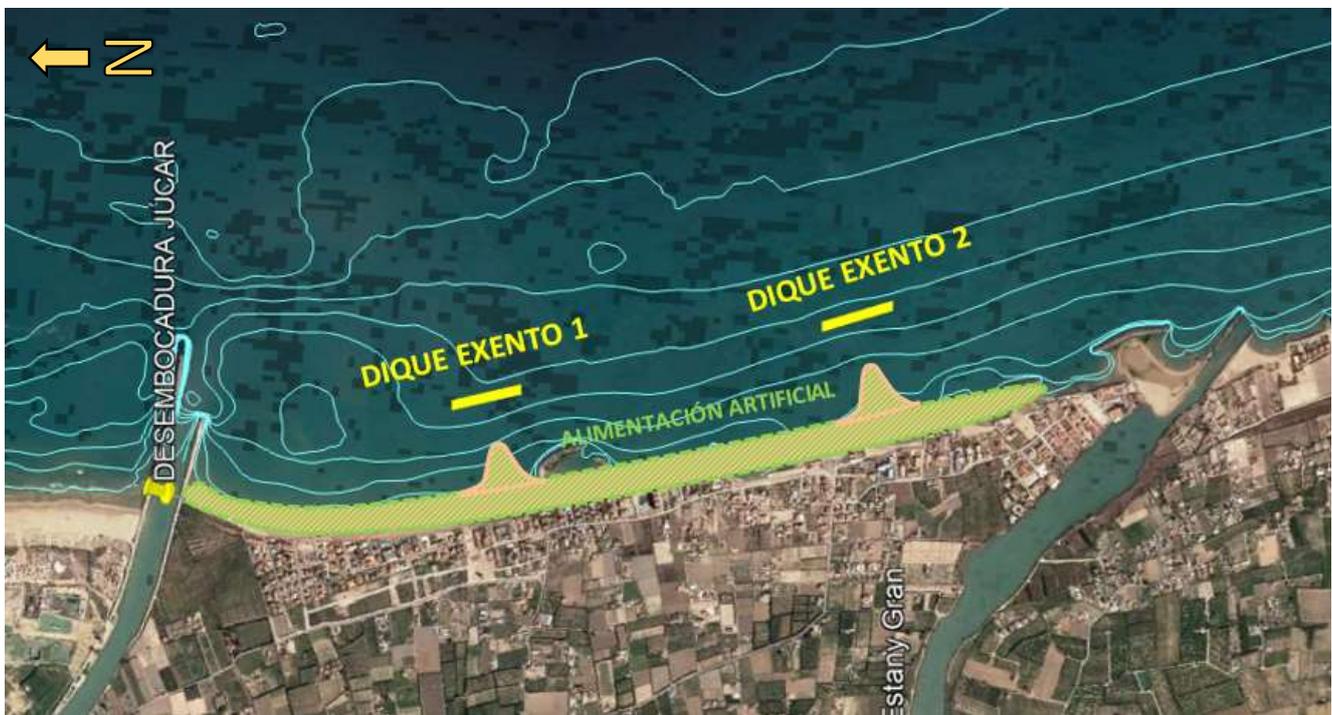


Figura 36. Croquis ilustrativo de la disposición de la alternativa

Para mayor detalle de la disposición de los diques y la alimentación artificial acudir al Plano número tres, “Disposición de la alimentación artificial” y al Plano número cinco, “Disposición de los diques”.



9. Conclusión

Suponiendo que las soluciones adoptadas y desarrolladas han quedado debidamente justificadas a lo largo del Proyecto se somete a la superioridad para la corrección del mismo.

Valencia, Agosto de 2021

Autor del proyecto:

Pablo Ortí Cardo

10. Referencias

- Chapapría, V. E. (2014). *Obras Marítimas*.
- Generalitat Valenciana. (s.f.). *Planeamiento Urbanístico*. Obtenido de <http://www.icv.gva.es/auto/aplicaciones/planejament/> (Agosto 2021).
- Generalitat Valenciana. (s.f.). *Visor de Cartografía*. Obtenido de http://visor.gva.es/visor/index.html?extension=726480,4364324,733473,4367950&capasids=Orto_Actual;,SIOSE_2015;&tcapas=1.0,1.0&idioma=es (Agosto 2021).
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME). (s.f.). *Mapa Geotécnico 200k* - Hoja 56 (VALENCIA). Obtenido de <http://info.igme.es/cartografiadigital/tematica/Geotecnico200Hoja.aspx?Id=56&language=es> (Agosto 2021).
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME). (s.f.). *Síntesis geológica de la Provincia de Valencia*. Obtenido de <http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/mapa.aspx?parent=../geologica/geologiaregional.aspx&Id=11&language=es> (Agosto 2021).
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Visor del Dominio Público Marítimo Terrestre*. Obtenido de <https://sig.mapama.gob.es/dpmt/> (Agosto 2021).
- Navionics, Chart Viewer. *Mapa de Batimetría*. Obtenido de <https://webapp.navionics.com/?lang=es#boating@9&key=s%60jnF%7Ckk%40> (Agosto 2021).
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agencia Urbana. *Puertos del Estado (1956-2018)*. Obtenido de <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx> (Agosto 2021).
- Puertos del Estado. (1990). ROM 0.2-90. *Acciones de Proyecto de Obras Marítimas y portuarias*. (Agosto 2021).
- Puertos del Estado. (1991). ROM 0.3-91. Oleaje. Anexo 1: *Atlas de Clima Marítimo en el Litoral Español*. (Agosto 2021).
- Generalitat Valenciana. *Web oficial*. Obtenida de <https://www.gva.es/va/inicio/presentacion> (Agosto 2021).
- *Shore Protection Manual (SPM, 1984)* (Agosto 2021).
- TURISMO DE CULLERA (2015). Consulta realizada en: <http://www.culleraturismo.com/> (Agosto 2021).



- SANJAUME, E. and PARDO PASCUAL, J.E. (2003): *Características sedimentológicas y morfológicas de los espacios costeros de transición situados al sur de la desembocadura del Xúquer*. (Agosto 2021).
- EL MERCANTIL VALENCIANO (2010). La erosión deja el Marenyet de Cullera con 32 metros menos de playa que en 1960. Consulta realizada en: <http://www.levante-emv.com/comarcas/2010/12/23/erosion-deja-marenyetcullera-32-metros-playa-1960/768130.html> (Agosto 2021).