



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE MASTER

Proyecto de adecuación del frente litoral norte de la playa
de Casablanca (T.M. Almenara, Castellón).

Presentado por

Aliño Arribas, Nathalie
Lapuerta Marco, Arcadio

Para la obtención del

Master en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Curso: 2018/2019

Fecha: Septiembre 2019

Tutor: González Escrivá, José Alberto

TOMO I





TOMO I

DOCUMENTO N.º 1. MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJOS A LA MEMORIA:

- Anejo 1. Estado actual
- Anejo 2. Fotográfico
- Anejo 3. Topografía y batimetría
- Anejo 4. Geología y geotecnia
- Anejo 5. Hidrología y climatología
- Anejo 6. Planeamiento
- Anejo 7. Clima marítimo
- Anejo 8. Transporte de sedimentos
- Anejo 9. Estudio de alternativas

TOMO II

- Anejo 10. Diseño:
 - Dos diques exentos
 - Espigón y dique exento
- Anejo 11. Proceso constructivo
 - Dos diques exentos
 - Espigón y dique exento
- Anejo 12. Presupuesto
 - Dos diques exentos
 - Espigón y dique exento
- Anejo 13. Programa de trabajos
 - Dos diques exentos
 - Espigón y dique exento

PLANOS

TOMO III

DOCUMENTO N.º 2. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

DOCUMENTO N.º 3. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

DOCUMENTO N.º 4. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS



Documento 1. Memoria

Índice

1.	ESTADO ACTUAL.....	1
1.1	ESTADO TRAS LOS TEMPORALES.....	3
2.	TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA.....	3
2.1	TOPOGRAFÍA.....	3
2.2	BATIMETRÍA.....	6
2.3	SEDIMENTOS.....	6
3.	GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.....	9
3.1	GEOLOGÍA.....	9
3.2	GEOTECNIA.....	10
3.3	MORFOLOGÍA DE LA PLAYA.....	10
4.	HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA.....	11
4.1	CLIMATOLOGÍA.....	11
	<i>Datos medios sobre días trabajables por climatología.....</i>	<i>12</i>
4.2	HIDROLOGÍA.....	13
5.	PLANEAMIENTO.....	14
6.	CLIMA MARÍTIMO Y PROPAGACIÓN DEL OLEAJE.....	14
7.	TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....	18
7.1	LÍMITES DE OLEAJE INCIDENTES.....	18
7.2	TRANSPORTE LONGITUDINAL.....	19
8.	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	20
9.	DISEÑO.....	21
10.	PRESUPUESTO.....	23
11.	PLAN DE OBRA.....	24

1. ESTADO ACTUAL

La zona de actuación se localiza en la comunidad Valenciana, más concretamente en la playa de Casablanca, Almenara.

El municipio de Almenara se encuentra en la provincia de Castellón en la Comunidad Valenciana, situado en el límite sur de la provincia de Castellón. Pertenece a la comarca de la Plana Baja con una población de 5.920 personas (censadas en 2017 según el Instituto Nacional de Estadística).



Figura 1. Situación del municipio de Almenara (25/02/2019). Fuente Wikipedia.

La construcción del puerto de Burriana ha modificado las condiciones de la dinámica litoral de los municipios que se encuentran al sur de éste, es decir, las playas sur de Burriana, Nules, Moncófar, Chilches, La Llosa y la playa de Casablanca, las cuales han experimentado un gran proceso erosivo debido a la detención del transporte de sedimentos.

Actualmente (07/08/2019) existe un espigón longitudinal como defensa del barrio del Mar, situado al norte del municipio. Este espigón se encuentra a un máximo de 5m del paseo marítimo como se puede observar en la Figura 2.



Figura 2. Espigón longitudinal existente en el tramo norte (28/08/2018)

Para el análisis de la variación de la zona de estudio en los últimos años, se realiza un estudio sobre la evolución de la costa desde el año 2000, así como las posibles causas del cambio de regresión o acreción en la costa.



Figura 3. Imagen comparativa de la erosión longitudinal entre los años 2002 y 2017 en la zona de Barrio Mar

En la Figura 3 se analiza en detalle el primer punto de comparación entre los distintos años. En verde se representa la erosión en sentido longitudinal de la costa de 2002, mientras que en rojo se muestra la variación respecto al 2017.

	Año 2002	Año 2017
Erosión en tramo norte	181.60 m	731 m

Tabla 1. Tabla comparativa de erosión entre los años 2002 y 2017

Dada la comparativa en la zona norte de la playa de Casablanca, se determina que desde el 2002 al 2018 esta zona ha sufrido un importante retroceso, y que la medida de prolongar el espigón

longitudinal como se ha venido haciendo no mejora la capacidad de retener sedimentos en la zona.

1.1 ESTADO TRAS LOS TEMPORALES

Tras los fuertes temporales registrados en 2016 y 2017 parece necesaria una mejora de las condiciones de playa en el tramo norte de Casablanca, ya que tras estos dos temporales tan actuales el espigón longitudinal existente o ha soportado los oleajes, llegando a romper el paseo marítimo existente.

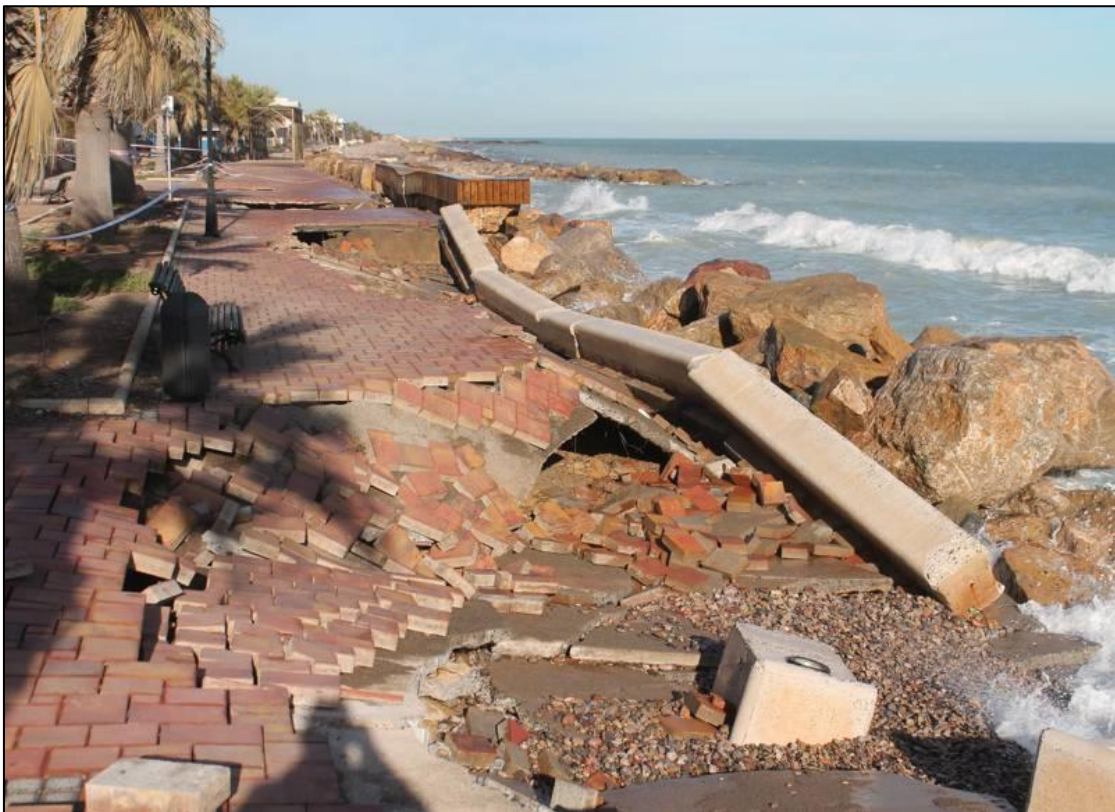


Figura 4. Estado del paseo marítimo tras temporal en la zona de Almenara 2017. Fuente Periódico Mediterráneo

2. TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA

2.1 TOPOGRAFÍA

En el Anejo 3 se incluye la cartografía y topografía utilizada del proyecto. Tanto la Cartografía como la Topografía utilizadas se ha obtenido del Instituto Cartográfico Valenciano (I.C.V), con la ayuda del visor web.

La Cartografía ha sido obtenida a escala 1 :25000 y 1 :10000 que permiten tener una visión global y detallada del municipio.

A partir de su análisis, la costa de Almenara destacada por encontrarse en una zona llana, sin cambios bruscos de alturas respecto al nivel del mar, siendo la mayor altura en la zona urbanizada de 4 metros sobre el nivel del mar.

En cuanto a las bases de replanteo topográficas, se ha definido una base de replanteo y 6 puntos de replanteo que facilitarán la ubicación exacta de las obras que se pretenden realizar.

En la siguiente figura se marca la base de replanteo, cuyas coordenadas **UTM 30** son **X: 742183**, **Y: 4403322**:



Figura 5. Situación base de replanteo, escala 1:2000. Fuente ICV

Para los puntos de replanteo, se escogen puntos situados estratégicamente a lo largo de la zona de actuación que permitan la fácil ubicación de las obras proyectadas:

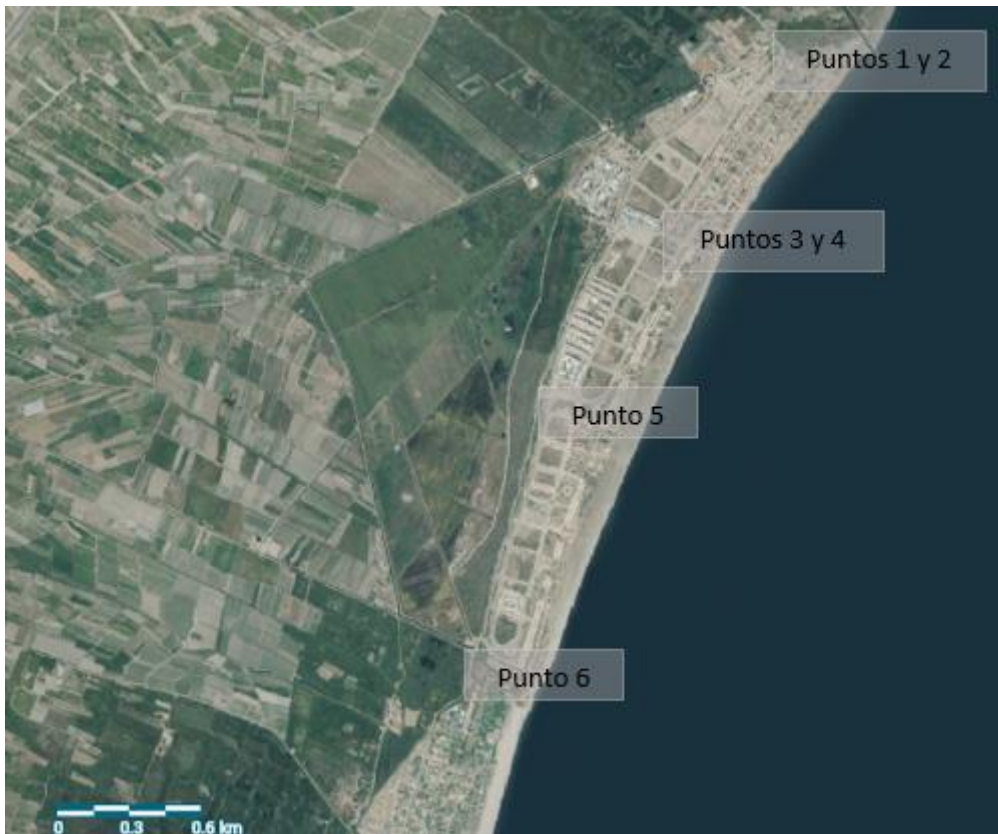


Figura 6. Ubicación puntos de replanteo, escala 1:36000. Visor ICV

Las coordenadas de estos puntos son:

PUNTO	COORDENADA	
	X	Y
1	742,265	4,403,372
2	742,281	4,403,334

3	742,059	4,403,136
4	741,905	4,402,922
5	741,654	4,402,530
6	740,999	4,400,678

Tabla 2. Coordenadas puntos de replanteo

2.2 BATIMETRÍA

La batimetría es la medición la profundidad marina, que determina la topografía del fondo del mar. Su estudio resulta fundamental para caracterizar el oleaje y las corrientes de la zona, y así obtener la morfodinámica, con el objetivo de comprobar cómo evolucionan los procesos erosivos de la zona.

La información batimétrica se ha obtenido a partir de los archivos Kmz proporcionados por la ecocartografía del litoral español del Ministerio para la Transición Ecológica. (<https://www.miteco.gob.es/es/costas> fecha de consulta: 18/10/2018)

En cuanto a la batimetría de Casablanca, como se puede observar en la Figura 7, la zona cercana a la costa sigue unas líneas de batimetría prácticamente paralelas a la línea de costa hasta la profundidad de 16 metros, a partir de esa profundidad las líneas batimétricas se vuelven más irregulares por la parte Sur.

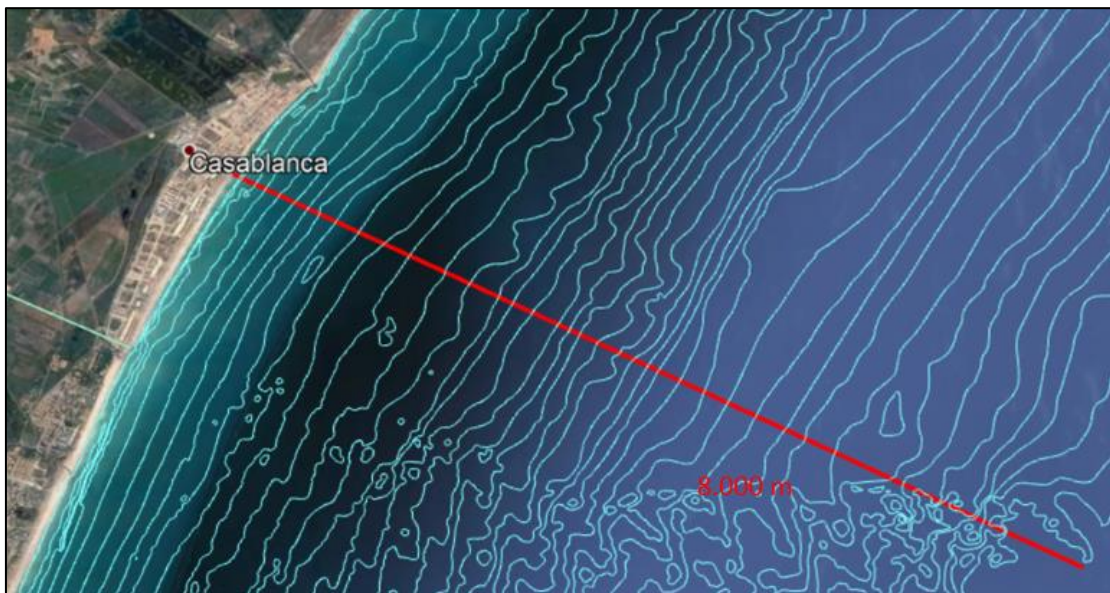


Figura 7. Batimetría Playa de Casablanca. Fuente Google Earth

Las líneas batimétricas de la Playa de Casablanca se mantienen prácticamente paralela a la costa hasta la línea -40, la cual se alcanza a los 8000 m, lo que quiere decir que la pendiente de este tramo es inferior al 1 %.

2.3 SEDIMENTOS

Entre los estudios de campo ejecutados se destaca el análisis granulométrico de muestras de sedimentos de 24 muestras en zonas poco profundas y 28 muestras en zonas profundas, correspondientes a perfiles transversales de la playa de Almenara.

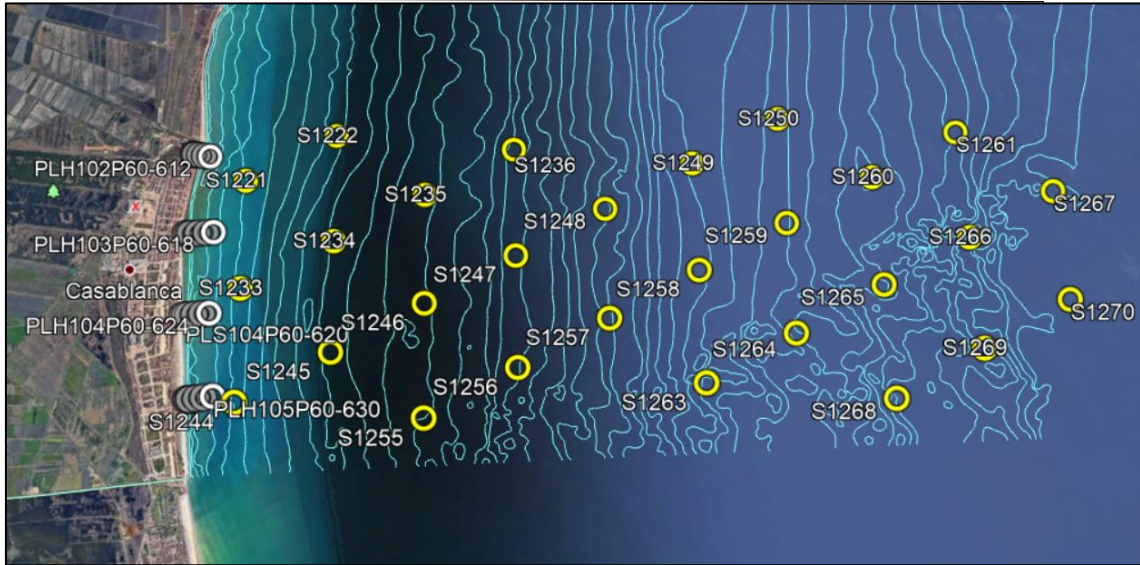


Figura 8. Ubicación todas las muestras de sedimentos (Fuente: elaboración propia)

Las zonas poco profundas son de la tipología arena en su mayoría, variando en algunas zonas concretas en las cuales aparecen arenas con gravas.

Por otra parte, en zonas profundas, las muestras obtenidas son arena con grava o grava areno fangosa.

De los valores de D50 varían entre los 1.50mm hasta los 0.10mm en estas zonas poco profundas.

En cambio, los valores de D50 en el tramo norte, donde se encuentra el Barri del Mar con el espigón longitudinal, tienen un valor cercano a 0.15mm en todas sus muestras.

Estabilidad del perfil de playa sumergida

Resulta de especial interés la definición de los perfiles batimétricos en las posiciones donde se tienen los datos sedimentológicos y comprobar si las pendientes del fondo son coherentes con los tamaños indicados. Esto permitiría discutir si el tramo es estable o no.

La comparativa se realiza en los tramos que se encuentran en la zona de actuación y donde existen muestras de sedimentos:

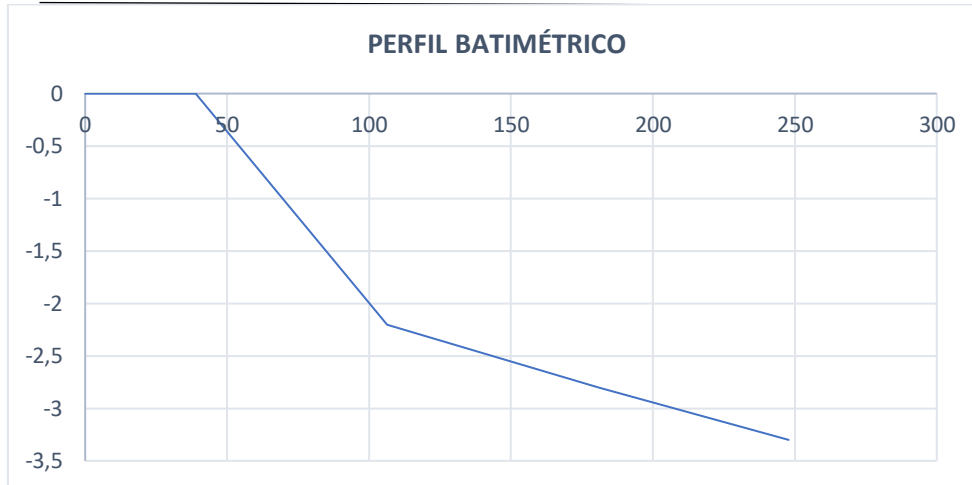


Figura 9. Perfil batimétrico

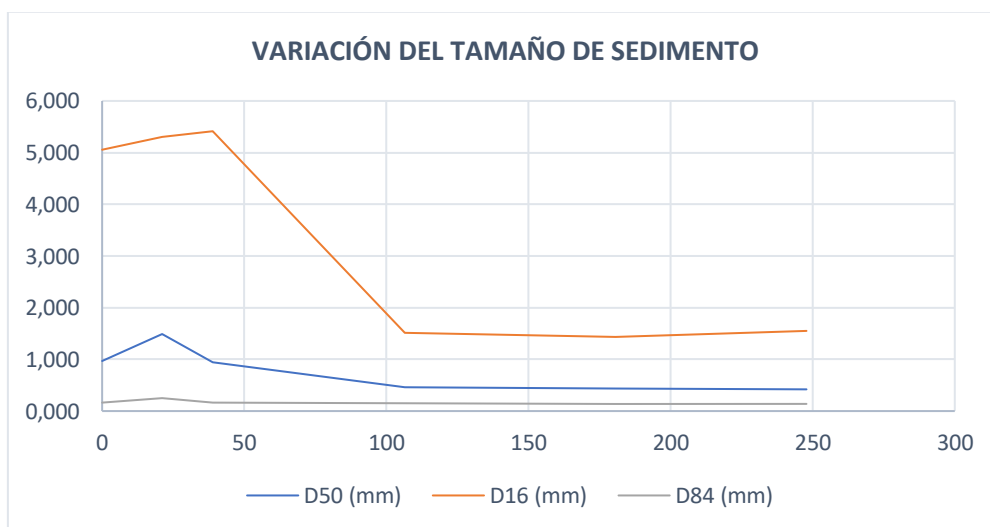


Figura 10. Variaciones de diámetros de sedimentos

Con las Figuras 9 y 10, se pretende deducir la estabilidad de la playa sumergida, y para ello se ha comparado como varía el tamaño del sedimento respecto con las pendientes existentes. Para ello se ha analizado gráficamente la variación de los dos aspectos en relación a la distancia de la costa de las muestras.

Se ha considerado que existe una estabilidad del tramo debido a las inclinaciones inferiores a los 5°, que se corresponden con arenas medias.

3. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

3.1 GEOLOGÍA

La zona de Almenara está formada por albuferas y marismas. Limos pardos y negros de la era de cenozoico formado por un sistema cuaternario, aunque la zona cercana a la costa que es la del ámbito de estudio está formada por:

- Descripción litológica: Playas, dunas, arenas y gravas. Cordón litoral
- Era: CENOZOICO
- Sistema: CUATERNARIO

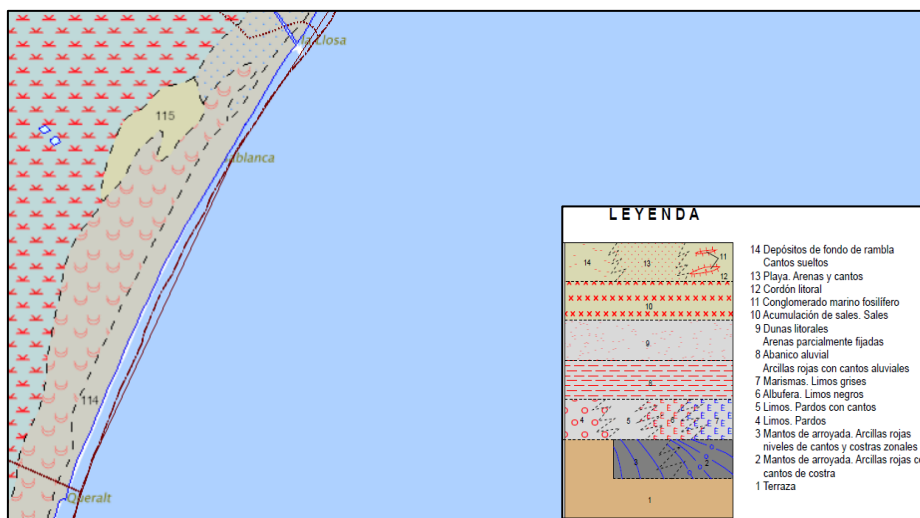


Figura 11. Mapa geológico valenciano. Fuente IGME

En la anterior figura se aprecian diferentes zonas litológicas en Almenara, en la zona interior se encuentran limos negros con materia orgánica (de albufera y/o turbera). En la zona exterior y costera surgen arenas, arcillas y gravas.

3.2 GEOTECNIA

obtención de la geotecnia de la zona se ha utilizado el mapa geotécnico general, Valencia 8-7, 56. Este mapa abarca la zona más al sur de la provincia de Castellón y la zona más al norte de la provincia de Valencia. Está limitado geográficamente por las siguientes coordenadas:

Longitud: 0° 31' 10" 7 - 0° 48' 49" 3

Latitud: 39° 20' 04" 5 - 40° 00' 4" 4

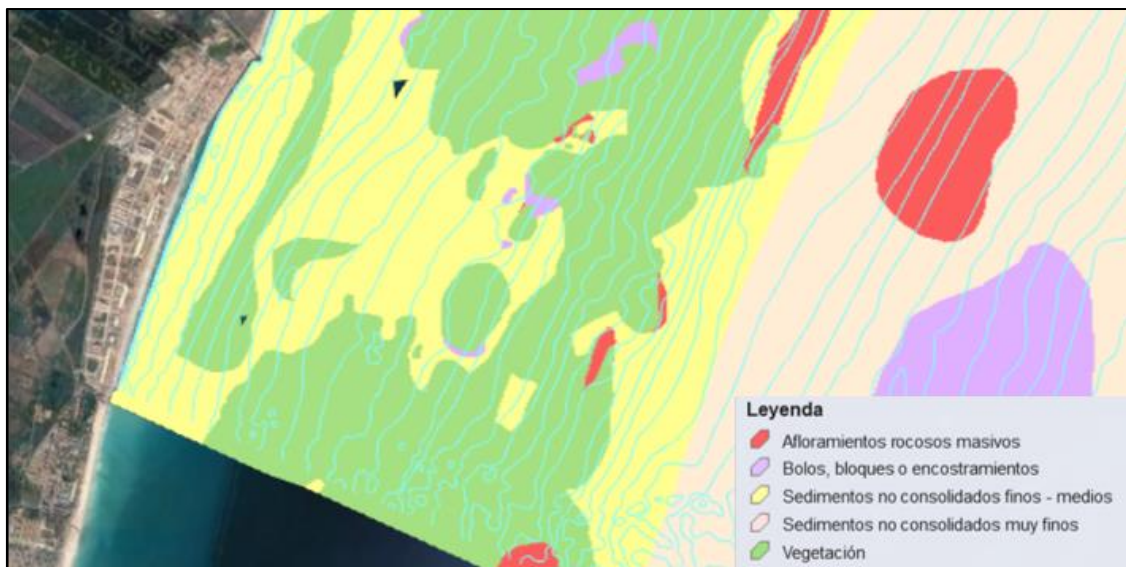
Es importante caracterizar las condiciones constructivas, que son en este caso favorables, pero con problemas geomorfológicos debido a la baja cohesión del material y las posibles socavaciones que el agua puede producir en él.

La capacidad de carga de la zona es media al igual que los asentos, lo cual favorece la realización de nuevas obras.

En cuanto al drenaje se considera favorable.

Para concluir, se considera que se trata de una zona estable y sin grandes cambios bajo la acción del hombre.

3.3 MORFOLOGÍA DE LA PLAYA



El medio marino está compuesto por:

- Afloramientos rocosos masivos situados en las salidas de las Golas y en la zona cercana al espigón longitudinal situado a la altura del paseo marítimo en el norte del municipio.

- Sedimentos no consolidados finos-medios hasta profundidades de 6 m aproximadamente, y hasta la profundidad de 27 m los sedimentos no consolidados finos-medios se alternan con zonas de vegetación. Además, a partir de profundidades cercanas a los 16m, surgen afloramientos rocosos masivos.
- A partir de la cota -28m el mayor porcentaje de tipología de sedimento son los sedimentos no consolidados muy finos. A pesar de ello, en la zona de Almenara aparecen bolos, bloques o encostramientos en la zona cercana a los -33m.

4. HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

4.1 CLIMATOLOGÍA

A partir de los datos climáticos obtenidos se procede a determinar los días útiles aprovechables en la ejecución de las obras, para así predecir el plan de obra.

Teniendo en cuenta la clasificación de la península Ibérica en regiones climáticas, según el Instituto Geográfico Nacional, la zona objeto de estudio queda englobada en el clima mediterráneo costero, típico de la mayor parte del litoral mediterráneo, Baleares y la fachada atlántica de Andalucía.

Los datos meteorológicos se extraen de las mediciones obtenidas en las diferentes estaciones meteorológicas de la red que dispone la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

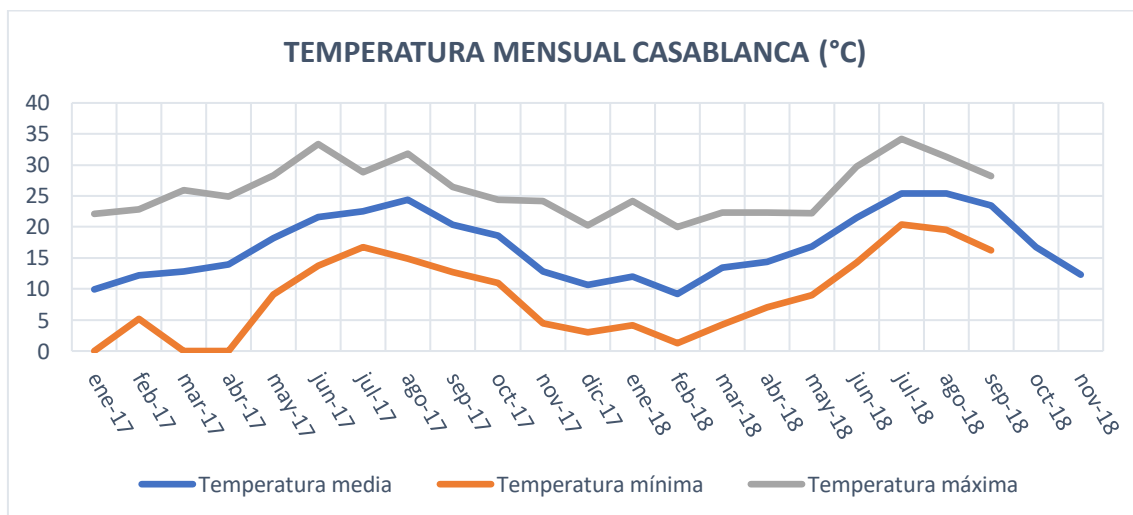


Figura 12. Temperatura mensual. Datos Casablanca. Fuente AVAMET

EL gráfico sigue la distribución clásica del clima templado, característica de esta zona, con unas temperaturas medias mensuales que varían entre los 10 y 27°C.

Además, del Atlas climático de la Comunidad Valenciana, se extrae que las heladas en la zona oscilan entre 0 y 10 días al año.

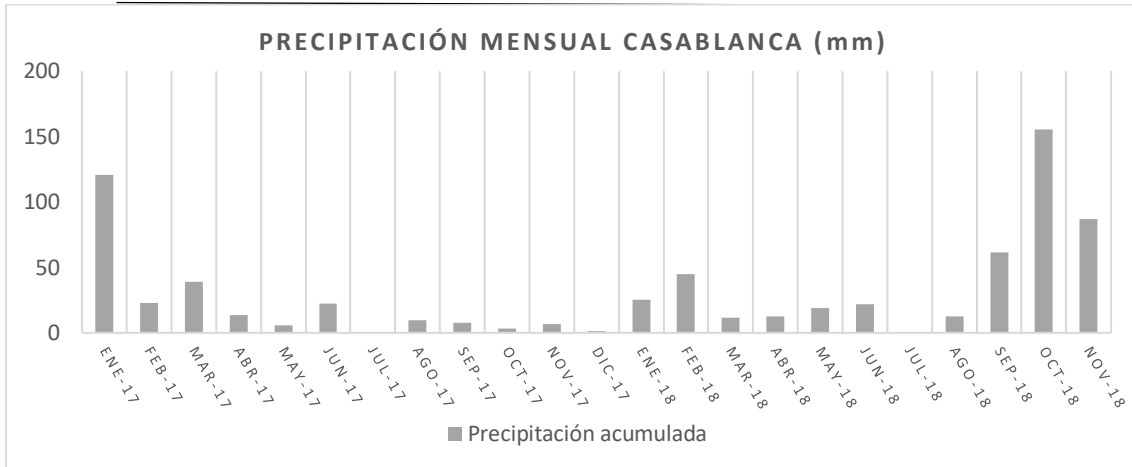


Figura 13. Precipitación mensual. Datos Casablanca. Fuente AVAMET

El valor medio de precipitación anual es de unos 400mm según el mapa geotécnico general de Valencia, lo cual se cumple en estos tres municipios analizados. Este dato de precipitación media anual define la zona como poco lluviosa.

Datos medios sobre días trabajables por climatología

Uno de los aspectos más importantes por los que debe analizarse la climatología es el conocimiento de los días en los que se espera trabajar, para llevar una buena planificación de la ejecución de la obra.

Para ello en el “Mapa geotécnico general, hoja 56, Valencia” facilita unos coeficientes de reducción diferenciando los meses y la clase de obra que se va a realizar.

Mes	Coefficiente	Mes	Coefficiente
Enero	0.0849	Julio	0.0849
Febrero	0.0767	Agosto	0.0849
Marzo	0.0849	Septiembre	0.0822
Abril	0.0822	Octubre	0.0849
Mayo	0.0849	Noviembre	0.0822
Junio	0.0822	Diciembre	0.0849

Tabla 3. Coeficientes de reducción para días trabajables. Fuente Mapa geológico general

Estos coeficientes tienen en cuenta los días de festividad a parte de los datos climatológicos.

Además, se diferencia según la clase de obra que se va a realizar, y por tanto se aplican unos nuevos coeficientes de reducción.

	Hormigón	Explanaciones	Áridos	Riegos y tratamientos	Mezclas bituminosas
VALENCIA	0.960	0.914	0.966	0.673	0.826
CASTELLÓN	0.959	0.911	0.965	0.738	0.858

Tabla 4. Coeficientes de reducción para días trabajables según clase de obra. Fuente Mapa geológico general

4.2 HIDROLOGÍA

La zona de la marjal de Almenara es una zona bastante llana y poco lluviosa, por lo que las escorrentías de la zona son principalmente las de la marjal y las zonas de cultivo, ya que no existe una cuenca definida en la zona.

Las principales salidas de agua que tiene Casablanca son las Golas de la Llosa y de Queralt, por las cuales se evacúan las escorrentías y las aguas subterráneas.

En las salidas de las golas no se dispone de medidores de caudales ni de una programación para la suelta de las aguas por las compuertas, sino que se trabaja sobre niveles, garantizando el nivel deseable medioambientalmente.

Este trabajo sobre niveles consiste en un control tanto de los temporales marítimos como de las condiciones climatológicas, que llevan a variaciones de los niveles de aguas y por tanto se debe operar con las compuertas existentes en las salidas de agua.

Las operaciones consisten en:

- Cerrar compuertas en épocas de pocas lluvias, para mantener el nivel alto del acuífero y que los pozos de regantes puedan llegar a extraer agua del propio acuífero.
- Cerrar compuertas en temporales fuertes de levante, ya que el nivel del mar aumenta y así evitar la intrusión marina.
- Abrir compuertas tras épocas de lluvias abundantes para evitar aumentar el nivel del acuífero a niveles muy altos.



Figura 14. Situación de la Gola de La Llosa y Gola de Queralt. Fuente propia (Diciembre 2018)

No existen grandes salidas de agua debido a las escorrentías en las golas, lo que no influirá en gran medida en la construcción del proyecto.

5. PLANEAMIENTO

-Existe un tramo del paseo marítimo de Almenara clasificado como suelo urbano y otra urbanizable lo que permitiría el acceso de la maquinaria necesaria para las obras de a efectuar.

Finalmente, no existe peligrosidad o riesgos significativos que no permitan realizar las obras de defensa de la costa.

6. CLIMA MARÍTIMO Y PROPAGACIÓN DEL OLEAJE

A partir del Anejo I de las Recomendaciones para Obras Marítimas (ROM 0.3-91) se ha localizado la actuación dentro del área VII.

Concretamente, en la zona de actuación de la costa de Almenara, las direcciones de oleaje relevantes para el estudio quedan representadas en la Figura 17. Por tanto, se puede deducir que los oleajes significantes proceden del NNE-SSO, dada la morfología de la costa.

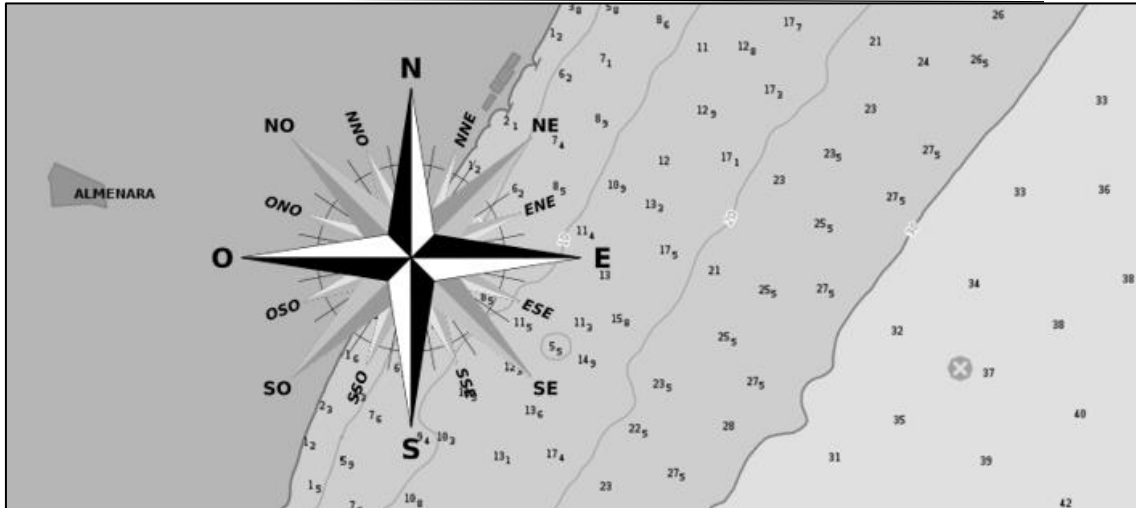


Figura 15. Configuración de la costa en Casablanca (Almenara). Fuente: Cartas náuticas.

Se opta por simplificar la realidad adoptando una batimetría recta y paralela a la costa para facilitar los cálculos de propagación de oleaje como se puede observar en la Figura 18.

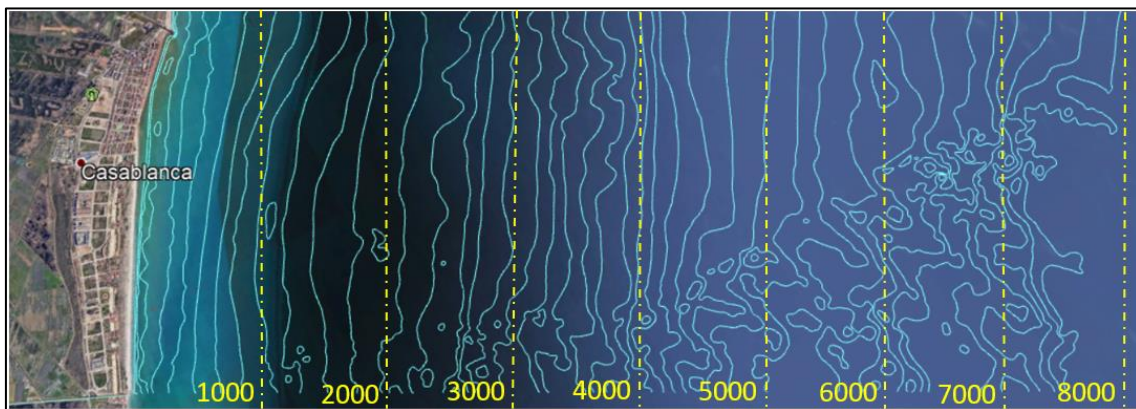


Figura 16. Idealización de la batimetría a partir de la carta náutica. Fuente: Google Earth (02/02/2019)

Para la obtención de los datos de oleaje se debe escoger una fuente que se adapte bien a las características y que de una buena fiabilidad en cuanto al número de años de datos recogidos

Con el fin de la elección de la boya a utilizar para tomar los datos de oleaje se plantean cuatro medidas primordiales que se detallan a continuación:

- 1- Tipo del sensor de la boya:
- 2- Años de registro:
- 3- Aguas profundas:
- 4- Actualización de los datos:

Entre las tres boyas de la zona a estudiar, la única boya que sigue tomando datos en la actualidad es la Boya de Valencia (2630), lo cual se considera buen criterio de elección de la boya con la que se tomarán los datos.

Régimen medio direccional en aguas profundas y relación Tp-Hs

La incidencia del oleaje sobre la costa se realiza desde la dirección NE hasta la SSE [45° – 157.5°] como se ha mostrado en el Anejo 7. Dirección de lujo de energía. Por lo que las probabilidades de ocurrencia en porcentaje consideradas son las que se encuentran en este rango.

Definiendo el régimen medio direccional en aguas profundas con la siguiente tabla:

	Hs(m)												
	0.2	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	TOTAL
NE	0.000	1.921	4.933	2.677	1.09	0.514	0.224	0.155	0.086	0.024	0.01	0.028	11.663
ENE	0.000	4.005	7.34	3.353	1.445	0.697	0.276	0.183	0.093	0.034	0.014	0.01	17.451
E	0.000	4.967	5.012	1.09	0.348	0.103	0.028	0.017	0.007	0.000	0.000	0.000	11.573
ESE	0.000	4.898	3.439	0.448	0.1	0.017	0.014	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	8.924
SE	0.000	5.595	4.405	0.269	0.041	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.317
SSE	0.000	3.732	5.64	1.228	0.124	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.728

Tabla 5. Probabilidades de altura de ola por direcciones significativas. Fuente Puertos del Estado (02/02/2019)

En la Tabla 6 se ha destacado las direcciones que serán las susceptibles de alcanzar el punto de previsión por propagación. Dichas direcciones representan únicamente el 70,66% del tiempo del año, por lo tanto, el resto del tiempo en el punto de previsión existirán calmas (29,34%).

La relación Periodo del oleaje (Tp,media) asociado a una altura de ola significativa (Hs) se obtiene a partir del cálculo de la media de todos los periodos picos (Tp) asociados a cada altura de ola significativa (Hs) de la Tabla 1.

Se realiza el producto de la probabilidad de cada altura por su periodo y se divide entre la probabilidad total de esa altura.

Los resultados se muestran en la siguiente Tabla 7:

Hs (m)	Tp ponderado (s)
≤ 0,5	5.039
1	5.443
1.5	6.109
2	7.024
2.5	8.040
3	8.506
3.5	8.775
4	9.089
4.5	9.786
5	9.952
>5,0	10.400

Tabla 6. Altura significativa (Hs) – Periodo de retorno (Tp,medio). Fuente Propia

A continuación, en la Figura 19, se realiza una gráfica con los resultados obtenidos y su tendencia lineal:

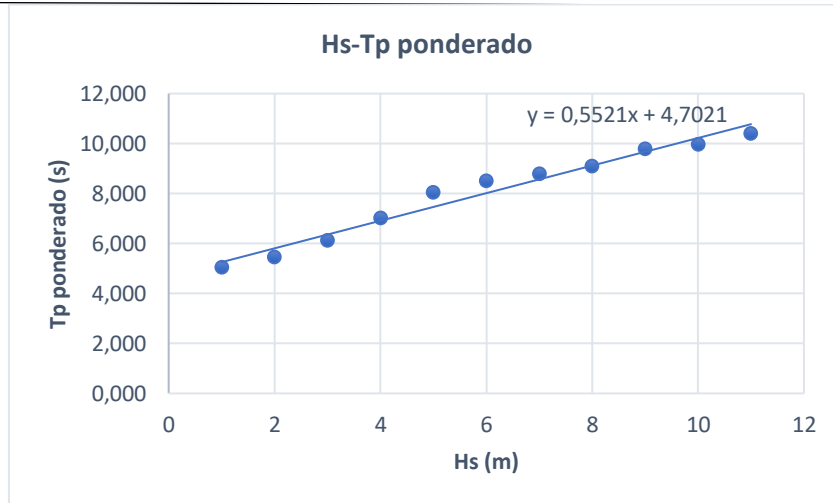


Figura 17. Gráfica de relación Hs – Tp,ponderado

De este modo, si se quiere obtener el periodo de retorno asociado a cualquier ola entre 0.5m y 5m, basta con reemplazar el valor de altura de ola requerido en la ecuación de línea de tendencia del gráfico.

Propagación del régimen medio direccional a 5m de profundidad

Al aproximar el oleaje a la línea de costa y por tanto disminuir la profundidad de fondo, se producen dos fenómenos que generan variaciones importantes en sus estados de mar. Estos fenómenos son el asomeramiento y refracción. El primero de ellos, el asomeramiento produce una variación en la longitud de onda, celeridad y peralte de la ola. Por otro lado, la refracción concentra o dispersa la energía del oleaje, produciendo una variación en la longitud de onda, celeridad, peralte de ola, y, además, del ángulo de incidencia.

Para el cálculo de las variaciones de Hs y θ_s , se parte de los datos de H_0 , θ_0 y Tp de aguas profundas.

Los resultados de la propagación se plasman en la siguiente tabla de alturas de ola significativa direcciones ya propagada, en la que en cada celda se indica la probabilidad de que la altura de ola propagada esté el correspondiente rango de alturas de ola y direcciones.

	Hs (m)												
	0.200	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	TOTAL
Calm.	29.34%												29.34%
NE													0.00%
ENE		5.926	12.273	6.030	2.535	1.211	0.224	0.155	0.086	0.024	0.010	0.028	28.50%
E		4.967	5.012	1.090	0.348	0.103	0.318	0.203	0.103	0.034	0.014	0.010	12.20%
ESE		10.493	7.844	0.717	0.265	0.027							19.35%
SE		3.732	5.640	1.228									10.60%
SSE													0.00%
TOTAL	29.34%	25.12%	30.77%	9.07%	3.15%	1.34%	0.54%	0.36%	0.19%	0.06%	0.02%	0.04%	99.99%

Tabla 7. Probabilidades de altura de ola por direcciones propagada a 5 m de profundidad

Los nuevos valores obtenidos tras la propagación se agrupan según las clases originales de altura de ola y dirección sumándose las probabilidades si oleajes de distinta procedencia confluyen tras la propagación en la misma clase.

La probabilidad de incidencia de oleaje será:

DIRECCIONES	PROBABILIDAD (%)
CALMAS	29.34
NE	0.00
ENE	28.50
E	12.20
ESE	19.35
SE	10.60
SSE	0.00
TOTAL	99.99

Tabla 8. Probabilidad de incidencia de oleaje

En lo relativo al régimen extremal, se puede concluir que los oleajes más grandes para el periodo de retorno de 70 años (profundidad 5 m) proviene del E, con una altura de ola de 3.938m.

DIRECCIONES	INPUT					
	K α	HT70	HT70*K α	Ts	θ	H
NE	1.000	7.290	7.290	12.164	14.759	4.0 breaking
ENE	0.867	7.290	6.317	11.115	8.638	4.0 breaking
E	0.526	7.290	3.832	8.112	0.000	3.938
ESE	0.302	7.290	2.204	5.726	15.600	2.018
SE	0.334	7.290	2.433	6.093	28.243	2.063291
SSE	0.375	7.290	2.737	6.563	35.584	1.809

Tabla 9. Tabla conclusión de valores asociados a periodos de retorno de 70 años para profundidad de 5m

7. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

Se procede a determinar el caudal transportado de sedimentos a lo largo de la costa de Almenara y así estudiar las posibles regeneraciones de la playa.

El transporte de sedimentos se produce debido a la incidencia del oleaje en la costa, transportando los sedimentos a otros puntos, lo que produce la alteración de la línea de costa.

Para la obtención del transporte de sedimentos se aplicará la formulación de CERC, la cual se ha conseguido en el anejo 09 de transporte de sedimentos.

Para ello se inicia con los datos de frecuencia de oleaje por direcciones, procedente de la página de Puertos del Estado.

Además de utilizar la formulación, cada altura de ola y dirección llevan consigo una probabilidad de ocurrencia la cual debe ser multiplicada en el transporte.

$$Q_l = 16,34 \cdot 10^5 H_0^{\frac{5}{2}} (\cos \alpha_0)^{\frac{1}{4}} \text{sen} 2\alpha_0 \left(\frac{m^3}{\text{año}} \right)$$

7.1 LÍMITES DE OLAJE INCIDENTES

Los límites del oleaje resultan importantes debido a la influencia en las direcciones de oleaje, altura y periodicidad que incida sobre la playa de estudio.

Estos límites de incidencia de oleaje se forman por dos líneas, una que va en dirección norte y otra que va en dirección sur, con inicio en la costa de estudio y siendo ambas tangentes al punto que obstaculiza el oleaje.



Figura 18. Líneas de los límites de incidencia

7.2 TRANSPORTE LONGITUDINAL

Hs(m)	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW
α	75	53	23	8	-15	-37	-60	-88
0.5	3,323.1	14,420.4	16,385.9	3,368.1	-11,096.4	-15,827.1	-1,234.2	-115.5
1	24,664.7	102,164.5	51,879.5	10,022.8	-37,319.4	-83,909.7	-16,746.7	-1,912.6
1.5	48,980.7	124,932.4	26,009.7	3,199.4	-8,935.0	-28,623.9	-24,373.4	-2,398.8
2	52,121.7	132,202.4	16,411.4	246.5	-4,955.9	-12,925.3	0	-277.4
2.5	25758.4	70374.7	0	1691.8	0	-4159.4	-1552.9	-242.3
3	11654.2	9157.9	0	679.3	-1971.1	-6561.2	-2449.6	0
3.5	2161.0	4597.4	0	0	0	0	0	0
4	14871.6	38057.3	0	0	0	0	0	0
4.5	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	183,535.2	495,906.9	110,686.6	19,207.8	-64,277.8	-152,006.6	-46,356.8	-4,946.7

Tabla 10. Transporte sólido litoral por dirección y altura

<i>Hs(m)</i>	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW
α	75	53	23	8	-15	-37	-60	-88
Kg+	0.650	1.00	1.00	0.660	0.200	0.00	0.00	0.00
Kg-	0	0	0	0.33	0.8	1	1	0.65
TOTAL	119297.93	495906.96	110686.60	6338.60	-38566.70	-152006.60	-46356.80	-3215.35

Figura 19. Transporte sólido litoral por dirección y altura total

El transporte neto queda, por tanto:

Dirección	m3/año
Q N_S	732 230.10
Q S_N	-240 145.42
Q NETO	492 084.65

Figura 20. Transporte neto anual de sedimentos

8. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Tras el estudio y análisis de cada tipo de actuación existente, se plantean diferentes alternativas posibles de aplicación en la costa de Almenara, adaptadas a la problemática dada en la zona de estudio.

El principal objetivo de las actuaciones que se describen en el Anejo de Estudio de Alternativas es estabilizar la playa. Los procesos físicos y costeros que se producen en la costa de la zona de estudio son los que permiten determinar la necesidad de medidas de construcción de defensa costera.

Atendiendo al análisis de la dinámica litoral, las actuaciones se diferencian según:

- Actuaciones blandas:
 - Alimentación artificial de playas
 - Regeneración dunar
 - Tránsito de arenas
 - Drenaje
 - Planeamiento urbano
 - Retirada de elementos
- Actuaciones duras:
 - Longitudinales
 - Espigones
 - Diques exentos

A partir del análisis los diferentes tipos de actuaciones, se ha definido 6 alternativas que consisten en:

- Alternativa 0: No actuación
- Alternativa 1: Aportación simple de gravas
- Alternativa 2: Aportación simple de arenas

- Alternativa 3: Dos diques exentos y aportación de arenas
- Alternativa 4: Un dique exento, un espigón y aportación de arenas
- Alternativa 5: Batería de espigones y aportación de arenas
- Alternativa 6: Dos espigones, un dique exento y aportación de arenas

Estas seis alternativas se han valorado en función de cuatro criterios según los pesos asignados a cada criterio dependiendo de su nivel de relevancia:

- Funcionalidad: 40
- Economía: 30
- Impacto ambiental: 10
- Estética: 20

A continuación, se muestra la tabla resumen que permite visualizar la comparativa de las distintas alternativas según cada criterio:

Comparativa de alternativas

<i>Criterio</i>	Funcional	Económico	Ambiental	Estético	Valoración total
<i>Pesos</i>	40	30	10	20	
<i>Alternativa 0</i>	2	10	10	0	480
<i>Alternativa 1</i>	3	6	7	9	550
<i>Alternativa 2</i>	3	6	7	9	550
<i>Alternativa 3</i>	9.5	6	5	9	790
<i>Alternativa 4</i>	9	7	4	9	790
<i>Alternativa 5</i>	8	8	3	5	690
<i>Alternativa 6</i>	9	8	4	5	740

Tabla 11. Comparativa de valoración del conjunto de alternativas

Según la valoración obtenida para cada alternativa, finalmente las alternativas 3 y 4 son las que mayor valoración han obtenido y las cuales se va a desarrollar su diseño y estudio.

- *Alternativa: Dos diques exentos y aportación de arenas*
- *Alternativa: Un dique exento, un espigón y aportación de arenas*

9. DISEÑO

Una vez definidas las Alternativas con mayor valoración, en el Anejo de Diseño correspondiente a cada alternativa, se procede al desarrollo del diseño de cada una de ellas.

El desarrollo de los cálculos, así como el diseño de cada solución, se adoptada a partir de los cálculos y estudios realizados previamente en los anejos:

- *Clima marítimo*
- *Propagación del oleaje*
- *Dinámica litoral*
- *Estudio de soluciones*

En ambas alternativas se define el diseño en planta, así como el diseño de la sección transversal tanto de espigones como diques exentos.

Dos diques exentos Un dique exento y espigón

<i>Orientación respecto a la costa</i>	Paralela	Paralela
<i>Distancia respecto a la costa</i>	170 m	170 m
<i>Longitud del dique</i>	150 m	180 m
<i>Calado</i>	-3 m	-3 m
<i>Cota de coronación</i>	0,5 NMM	0,5 NMM

Tabla 12. Parámetros del diseño en planta de ambas alternativas

Sección transversal

<i>Talud</i>	H2:V1
<i>Ancho de coronación</i>	5 m
<i>Calado</i>	-3 m
<i>Cota de coronación</i>	0,5 NMM

Tabla 13. Parámetros del diseño de la sección transversal de ambas alternativas

Una vez definidos los parámetros en planta y la sección transversal, se obtienen los pesos y espesores de las diferentes capas que conforman las obras. Al determinar la misma sección transversal tanto para el dique exento como el espigón, se obtienen los mismos pesos y espesores para ambas soluciones.

	Manto principal		Manto secundario		Núcleo
	Cuerpo	Morro	Cuerpo	Morro	
<i>Peso Pieza (Kg)</i>	2.140	2.670	214	267	2-20
<i>Espesor (m)</i>	1,85	2,00	0,267	0,462	-

Tabla 14. Pesos y espesores de cada capa

La sección obtenida por tanto según los cálculos obtenidos, es la que se muestra a continuación:

SECCIÓN TIPO
Dique exento +0.5

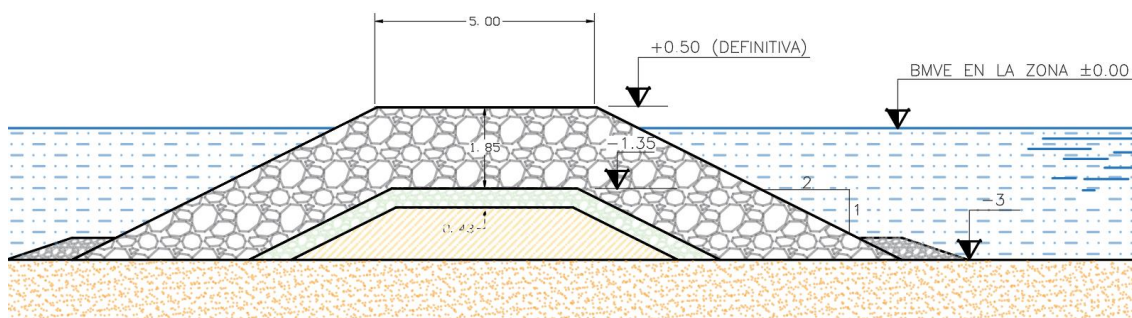


Figura 21. Sección tipo de las alternativas

Por otra parte, en cuanto al diseño de la playa seca, para ambas alternativas se ha determinado que el ancho de playa que se pretende regenerar es de **35 metros**.

A partir de la ficha de playa, así como las muestras de sedimentos obtenidas, se determina que la arena de la zona norte de la playa de Almenara tiene un D50 = 0,10 milímetros y siendo considerada como arena muy fina, se ha decidido emplear una arena de aportación con un diámetro medio D50 = 1 milímetro.

Se ha obtenido un volumen de arenas de:

	Dos diques exentos	Un dique exento y espigón
<i>Volumen de arenas (m3)</i>	135.203,03	174.530,97
<i>Factor de relleno</i>	1,2	1,2
<i>Volumen total (m3)</i>	162.243,64	209.437,17

Tabla 15. Volúmenes de aportación de arenas

10. PRESUPUESTO

Con las distintas mediciones obtenidas en el apartado de diseño, y considerando los precios unitarios del apartado 2 del anejo 12 de presupuesto, el presupuesto total para cada una de las alternativas es el siguiente:

Presupuesto Alternativa de dos diques exentos

Unidad	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
	ESCOLLERAS	1.00	268,458.00	268,458.00
t	Escollera entre 5 y 6 Tn. (morro)	760.00	10.37	7,881.20
t	Escollera entre 3 y 4 Tn.	22,212.00	9.44	209,681.28
t	Escollera entre 300 y 500 Kg.	1,986.00	6.72	13,345.92
m3	Todo-uno en formación de núcleo de diques.	5,020.00	7.48	37,549.60
			TOTAL, CAPITULO(C01):	268,458.00
	RELLENOS	1.00	1,576,326.25	1,576,326.25
m2	Nivelación y preparac. playa base para aportes de arena y grava	24,000.00	0.58	13,920.00
m3	Arena para relleno de playa.	162,243.64	9.63	1,562,406.25
m3	Grava para relleno de playa	0.00	15.00	0.00
			TOTAL, CAPITULO(C02):	1,576,326.25
	VARIOS	1.00	21,000.00	21,000.00
ud	P. A. instalación de boya de señalización de 3 m de altura	1.00	18,000.00	18,000.00
ud	P.A. 2 Carteles de obra	1.00	3,000.00	3,000.00
			TOTAL, CAPITULO(C04):	21,000.00
	SEGURIDAD Y SALUD	1.00	23,225.97	23,225.97
ud	P.A. Estudio Seguridad y Salud	1.00	23,225.97	23,225.97
			TOTAL, CAPITULO(C05):	23,225.97
	DEMOLICIÓN	1.00	144,150.00	144,150.00
ud	P.A. Estudio Seguridad y Salud	18,600.00	7.75	144,150.00
			TOTAL, CAPITULO(C05):	144,150.00
			COSTES INDIRECTOS (%)	6 %
			TOTAL, OBRA:	2,155,149.83

Tabla 16. Presupuesto total de la alternativa de dos diques exentos

**Presupuesto Alternativa de dique y espigón**

Unidad	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
	ESCOLLERAS	1.00	204,621.00	204,621.00
t	Escollera entre 5 y 6 Tn. (morro)	570.00	10.37	5,910.90
t	Escollera entre 3 y 4 Tn.	17,080.40	9.44	161,238.98
t	Escollera entre 300 y 500 Kg.	1,678.00	6.72	11,276.16
m3	Todo-uno en formación de núcleo de diques.	3,502.00	7.48	26,194.96
			TOTAL, CAPITULO(C01):	204,621.00
	RELLENOS	1.00	2,030,799.95	2,030,799.95
m2	Nivelación y preparac. playa base para aportes de arena y grava	24,000.00	0.58	13,920.00
m3	Arena para relleno de playa.	209,437.17	9.63	2,016,879.95
m3	Grava para relleno de playa	0.00	15.00	0.00
			TOTAL, CAPITULO(C03):	2,030,799.95
	VARIOS	1.00	21,000.00	21,000.00
ud	P. A. instalación de boya de señalización de 3 m de altura	1.00	18,000.00	18,000.00
ud	P.A. 2 Carteles de obra	1.00	3,000.00	3,000.00
			TOTAL, CAPITULO(C04):	21,000.00
	SEGURIDAD Y SALUD	1.00	23,225.97	23,225.97
ud	P.A. Estudio Seguridad y Salud	1.00	23,225.97	23,225.97
			TOTAL, CAPITULO(C05):	23,225.97
	DEMOLICIÓN	1.00	144,150.00	144,150.00
m3	Escollera existente	18,600.00	7.75	144,150.00
			TOTAL, CAPITULO(C05):	144,150.00
			COSTES INDIRECTOS (%)	6 %
			TOTAL, OBRA:	2,569,224.72

Tabla 17. Presupuesto total de la alternativa de dique exento y espigón

11. PLAN DE OBRA

La finalidad de este apartado es la definición de una programación de obra para la construcción de las alternativas, teniendo en cuenta el orden y los plazos previstos.

Para esta programación orientativa se ha dispuesto de un diagrama de Grantt, el cual contiene la estimación total y parcial de la obra, diferenciando entre las distintas actividades de obra.

Las distintas actividades del programa de trabajo que se van a desglosar para evaluar el plazo final de obra son las siguientes:

Para la alternativa de dos diques exentos:

- Trabajos previos
- Construcción de diques exentos
- Balizamiento de la zona de actuación
- Aportación artificial de arena
- Retirada de espigón existente
- Seguridad y Salud



Para la alternativa de dique exento y espigón transversal:

- Trabajos previos
- Construcción del dique exento
- Construcción del espigón
- Balizamiento de la zona de actuación
- Aportación artificial de arena
- Retirada de espigón existente
- Seguridad y Salud

La duración de cada una de las distintas fases depende del rendimiento que presenten cada una de las unidades de obra, y para ello se aplicará a las distintas mediciones de las unidades de obra el rendimiento medio observado en distintas obras utilizando, así como el número de equipos de trabajo sugeridos.

En cuanto se hayan realizado las mediciones y rendimientos se puede obtener una duración estimada por actividad.