



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

---

Proyecto Básico de adecuación litoral de la Playa de Les  
Marines, T.M. Denia (Alicante).

---

*Presentado por*

Molineró Pérez, Noelia

---

*Para la obtención del*

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2019/2020*

*Fecha: 29/11/2019*

*Tutora: María Esther Gómez Martín*





## ÍNDICE GENERAL

### DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

#### 1.1. MEMORIA

#### 1.2. ANEJOS

Anejo 01. Encuadre geográfico, antecedentes y estado actual

Anejo 02. Documentación fotográfica

Anejo 03. Topografía, batimetría y DPMT

Anejo 04. Geomorfología

Anejo 05. Clima marítimo

Anejo 06. Dinámica litoral

Anejo 07. Estudio de alternativas

Anejo 08. Desarrollo de la alternativa escogida

Anejo 09. Procedencia de materiales

Anejo 10. Procedimiento constructivo

Anejo 11. Balizamiento

Anejo 12. Programa de trabajos

### DOCUMENTO Nº2: PLANOS

2.1. Localización

2.2. Batimetría

2.3. Perfiles transversales

2.4. Planta diques exentos

2.5. Sección transversal diques exentos

2.6. Estado final



# DOCUMENTO Nº1. MEMORIA

---



# MEMORIA

---



## ÍNDICE

1. OBJETO DEL PROYECTO.....	3
2. ENCUADRE GEOGRÁFICO .....	3
2.1. Localización .....	3
2.2. Accesos.....	4
2.3. Medio físico y usos del suelo.....	4
3. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL.....	4
3.1. Problemática .....	5
4. ESTUDIOS PREVIOS.....	7
4.1. Topografía, batimetría y DPMT .....	7
4.2. Geomorfología .....	7
4.3. Clima marítimo.....	8
4.4. Dinámica litoral .....	8
5. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS .....	9
6. DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA ESCOGIDA .....	10
6.1. Diques exentos.....	10
6.2. Alimentación artificial.....	11
6.3. Procedencia de materiales .....	12
7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO .....	12
7.1. Diques exentos.....	12
7.2. alimentación artificial.....	12
8. PLAZO DE EJECUCIÓN.....	13
9. DOCUMENTOS CONSTITUYENTES DEL PROYECTO .....	14
10. CONCLUSIÓN.....	15

## 1. OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto básico, titulado “Proyecto Básico de adecuación litoral de la playa de Les Marines, T.M. Denia (Alicante)”, tiene como objeto servir como Trabajo de Fin de Grado para la titulación de Grado en Ingeniería Civil de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia.

Por otro lado, los objetivos que se pretenden alcanzar son los siguientes:

- Estudio y análisis del tramo de costa correspondiente a la playa de Les Marines, situada en el término municipal de Denia, para conocer la problemática existente en la zona desde hace años, relativa a la regresión de la costa.
- Proponer una serie de alternativas para recuperar un estado óptimo de la playa y poner fin a su situación actual.
- Desarrollar una solución que establezca un equilibrio en la playa, suponga una defensa ante temporales y sea respetuosa con el medio ambiente.

## 2. ENCUADRE GEOGRÁFICO

### 2.1. LOCALIZACIÓN

La playa en cuestión, bañada por el Mar Mediterráneo, se encuentra en el término municipal de Denia, localidad situada en la Marina Alta en la costa norte de la provincia de Alicante.



Figura 1. Localización geográfica

La playa de Les Marines se encuentra entre la playa de les Bovetes con la que limita al norte, y la playa Punta del Raset con la que limita al sur.

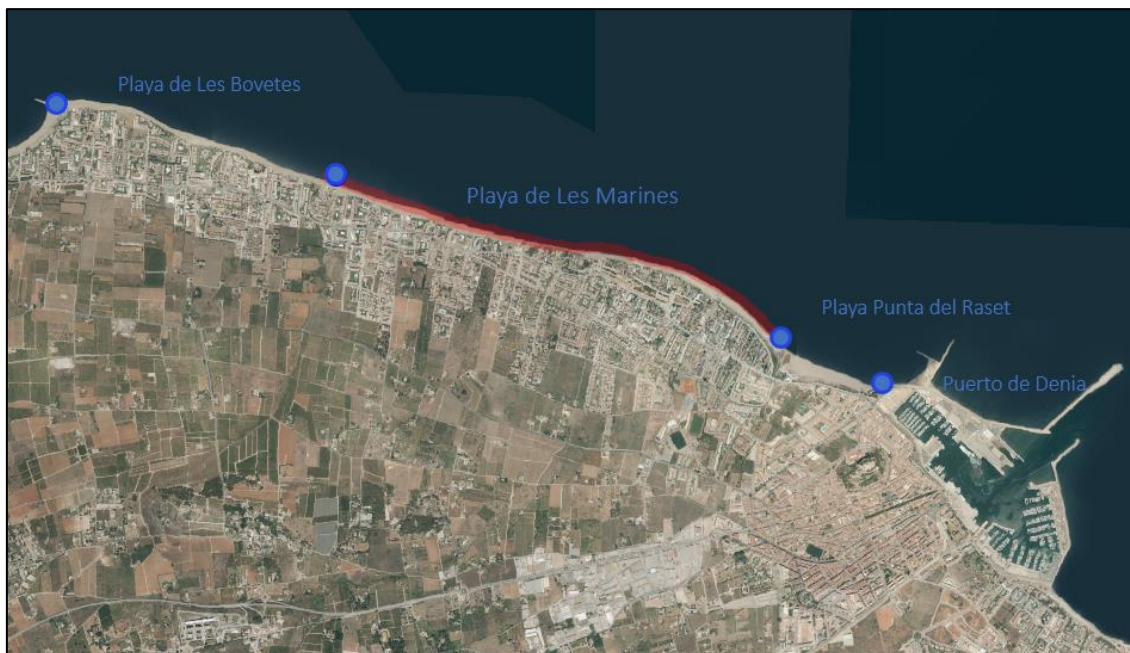


Figura 2. Emplazamiento

## 2.2. ACCESOS

En el caso de acceso con vehículo privado, las playas tienen conexión directa con los principales núcleos de población cercanos mediante la carretera CV-730, que conecta con Jávea por la CV-736 y con Valencia por la nacional N-332 y la autopista de peaje AP-7.

En cuanto al transporte público, hay autobuses urbanos que conectan la playa con el casco urbano, Las Marinas, Costa de la Calma, Las Rotas y el Hospital Comarcal.

## 2.3. MEDIO FÍSICO Y USOS DEL SUELO

El municipio de Denia cuenta con diversos espacios de interés: varios espacios naturales protegidos, diversas zonas húmedas, lugares de interés comunitario (LIC) y zonas de especial protección para las aves (ZEPAS). Se puede ver en detalle en el *Anejo nº1. Encuadre geográfico, antecedentes y estado actual*.

## 3. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL

La playa de Les Marines, con 3 km de extensión y galardonada con la Bandera Azul en 2015, es una costa baja y arenosa. Se puede considerar que forma parte de un tramo de costa más extenso comprendido entre el final de la playa de les Deveses y el puerto de Denia, con una orientación WNW-ESE.

En este tramo se produce una acumulación de sedimentos continentales que descienden desde los relieves a través de los cursos fluviales provocando la formación de conos aluviales y el avance de la línea de orilla, mostrando un predominio de la dinámica fluvial frente a la marina. Como principal condición de contorno de su evolución histórica hasta alcanzar su posición actual se encuentran diversos promontorios de origen deltaico asociados a aportes fluviales de carácter torrencial. Estos procesos deltaicos han determinado discontinuidades



en la costa y la posición avanzada de la línea de orilla en ciertos puntos, como es el caso del tramo de Blay Beach donde las edificaciones están en contacto continuo con el mar.

La elevada presión urbanística de la zona activa de la playa ha provocado históricamente problemas en la defensa y uso lúdico de la playa. Este frente costero ha sido objeto de numerosas actuaciones costeras, una de las primeras fue la ejecución de una batería de 10 espigones cortos transversales a la costa y de un dique exento de 200 m. En el año 1986 estas estructuras fueron parcialmente desmanteladas y actualmente mantienen su cota bajo el nivel medio del mar. Además, se han realizado continuos aportes de arena en el frente de Les Marines-Blay Beach, para dar una solución provisional en la temporada estival.



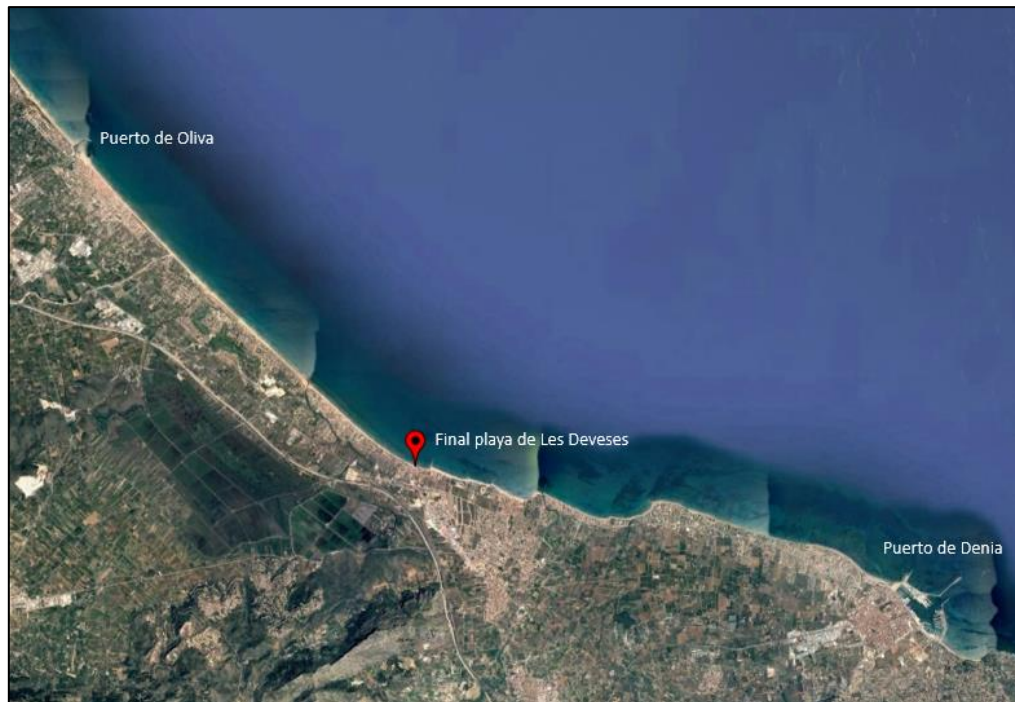
*Figura 3. Estado actual del frente costero Les Marines-Blay Beach*

Las aportaciones a este frente de costa han sido continuadas en diversos Proyectos de Mantenimiento y Conservación de la costa de Alicante, desde la década de los 80, pero no han conseguido frenar los problemas erosivos de esta zona.

### **3.1.PROBLEMÁTICA**

El tramo de costa objeto del presente proyecto se ubica en la zona de inflexión de la línea de costa, en la transición entre una costa sedimentaria dominada por la dinámica litoral y el tramo de naturaleza erosiva donde la dinámica fluvial es determinante de su geomorfología. Dicho cambio de alineación de la línea de costa tiene su reflejo en el transporte de sedimentos.





*Figura 4. Alineación de la costa*

El tramo norte, la costa de Oliva ha manifestado históricamente un comportamiento estable progresivo, alimentado por las arenas que circulan desde las playas de Gandía en dirección SE y por las que viajan hacia el NW procedentes del litoral dianense. En el entorno del río Vedat, se anula la tasa neta del transporte longitudinal de sedimentos y se produce la inversión de una dinámica NWSE típica del golfo de Valencia a una dinámica en sentido opuesto.

El estudio de evolución de la línea de costa, realizado por el CEDEX en el año 2015, evidencia que la costa alicantina tiene una naturaleza claramente erosiva, fundamentalmente desde el final de la playa de Les Deveses, donde la línea de orilla cambia su orientación y la morfología del fondo arenoso da paso a una batimetría más abrupta y con presencia de fondos rocosos. En este tramo de costa, la multitud de actuaciones llevadas a cabo hasta la actualidad han estado dirigidas a pailar, en mayor o menor medida, la citada erosión.



Figura 5. Patrón direccional de la dinámica litoral en la costa Oliva-Denia

En la costa de Denia, desde la desembocadura del río Racons hasta el sector en el que la línea de orilla comienza a sufrir una inflexión, la deriva litoral viaja, de forma genérica, en sentido SE-NW. Se distingue un primer tramo con continuidad en las tasas de transporte (máximos de 35.000 m<sup>3</sup>/año) y un segundo tramo donde las tasas son decrecientes por la acumulación del sedimento erosionado y transportado en las costas de Denia.

El carácter erosivo de este tramo de costa se pone de manifiesto con un ascenso progresivo de las tasas de transporte y, puesto que el puerto de Denia constituye una barrera prácticamente total al transporte, el sedimento movilizado en este tramo proviene de la erosión del propio frente costero.

La elevada presión urbanística de la zona activa de la playa ha provocado históricamente problemas de erosión en toda la playa y en especial en determinados puntos donde la playa ha llegado a desaparecer, como en el tramo de Blay Beach.

## 4. ESTUDIOS PREVIOS

### 4.1. TOPOGRAFÍA, BATIMETRÍA Y DPMT

Se pueden consultar los datos y mapas relativos a la topografía, la batimetría y el Dominio Público Marítimo Terrestre del área de estudio en el *Anejo nº3. Topografía, batimetría y DPMT*, proporcionados por el *Institut Cartogràfic Valencià* y por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, institución dependiente del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

### 4.2. GEOMORFOLOGÍA

En el *Anejo nº4. Geomorfología* se lleva a cabo la descripción general del contexto geológico y geomorfológico del área litoral correspondiente a la playa de Les Marines, así como la

identificación, localización y caracterización de los accidentes geográficos y formaciones más relevantes como posibles condicionantes de la evolución morfológica histórica de la costa hasta alcanzar su configuración actual. Todo ello en base al “Proyecto de recuperación de la playa de Les Deveses, T.M. Dénia (Alicante)”.

### 4.3. CLIMA MARÍTIMO

Por lo que respecta al viento, no hay una dirección predominante clara, pero las de mayor frecuencia son: S, NE, NNE y SE. Cabe destacar que el viento más común corresponde a velocidades entre 4 y 6 m/s.

En cuanto al oleaje, las direcciones predominantes son NNE, NE, ENE, E y ESE, reuniendo el 66,5% del registro total. El oleaje reinante es el NE, y junto con los del NNE, los de mayor intensidad. Además, las olas predominantes son menores a 1 metro con periodos de pico de 3 a 8 segundos.

La variación del nivel del mar en el Mediterráneo es muy pequeña, siendo la carrera de marea aproximadamente de 1 m.

En el *Anejo nº5. Clima marítimo* se puede encontrar un estudio más detallado.

### 4.4. DINÁMICA LITORAL

En el frente costero de Denia el sedimento viaja en dirección SE-NW, tal y como indica la ley de transporte. Existen multitud de evidencias morfológicas a lo largo del litoral de estudio que lo avalan. Recorriendo la costa, de NW a SE, destaca la variabilidad de la dirección en la que se orientan las desembocaduras de los ríos Vedat y Racons, fundamentalmente el primero, a lo largo del período de estudio. Otro hecho evidente que confirma la dinámica SE-NW en la costa de Denia son las continuas erosiones focalizadas al NW del primer espigón de la playa Setla y Mirarrosa. Por último, en la playa de la Almadraba, la orientación de la línea de costa muestra una zona de difracción de los oleajes al abrigo de los promontorios deltaicos del río Girona, L’Estanyó y Els Molins, y un tramo, al NW del anterior, donde la costa se sitúa paralela al frente del flujo medio de energía, lo que es un signo evidente de que el sedimento viaja en dirección SE-NW.

La simulación de las corrientes generadas por oleajes del NE como oleaje reinante y dominante, muestra igualmente una dinámica litoral SE-NW desde el puerto de Denia hasta el río Racons.

La ley de transporte de la costa y su comportamiento evolutivo, obtenidos del balance sedimentario desde el año 1956 hasta 2012 permite concluir que la costa de Denia se ha mostrado históricamente (y continúa a día de hoy) como deficitaria.

La costa de Denia ha sido históricamente de naturaleza regresiva con tasas de transporte crecientes y erosiones que, en la actualidad, se propagan espacialmente desde el puerto de Denia hasta la punta de L’Estanyó y en el sector NW adyacente al espigón que limita al SE la playa de Les Deveses.

No se puede finalizar el análisis sin hacer una reflexión acerca de la importancia del transporte transversal en este frente costero. La orientación del oleaje medio (NE) respecto

a la dirección de la orilla determina la existencia de transporte transversal que no ha sido considerado en la metodología de estimación de las tasas. Este hecho se verifica en la playa Setla y Mirarrosa, donde el valor del transporte en el periodo posterior a la ejecución de los espigones (2006-2012) supera al obtenido en el primer periodo analizado (1956-1981).

Esto sólo tiene sentido si las pérdidas en estas celdas se producen por fondo, como consecuencia de un transporte transversal elevado, de lo que se deriva que los valores reales de transporte en el sentido de la costa se encuentran por debajo de los valores estimados.

En el *Anejo nº6. Dinámica litoral* se encuentra un estudio más detallado, basado en el "Proyecto de recuperación de la playa de Les Deveses, T.M. Dénia (Alicante)".

## 5. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Después de analizar la problemática de la zona y contemplar diversos métodos de protección y regeneración de la costa aplicables, se definen las siguientes soluciones alternativas:

- Alternativa 0: No actuación.
- Alternativa 1: Alimentación artificial.
- Alternativa 2: Espigones + Alimentación artificial.
- Alternativa 3: Diques exentos + Alimentación artificial.

Para su valoración y elección de la opción óptima se definen unos criterios de valoración y se lleva a cabo un análisis multicriterio resumido en la siguiente tabla:

CRITERIO	FUNCIONAL	AMBIENTAL	ECONÓMICO	ESTÉTICO
PESO (%)	40	25	20	15

Tabla 1. Peso de los criterios considerados

Así, la fórmula para la valoración final queda de la siguiente forma:

$$V.F. = 0,4 \cdot C.Funcional + 0,25 \cdot C.Ambiental + 0,2 \cdot C.Económico + 0,15 \cdot C.Estético$$

De forma que las valoraciones para cada alternativa están comprendidas entre 0 y 10. Siendo 10 la valoración óptima, con un valor 10 en cada criterio.

VALORACIÓN FINAL	CLASIFICACIÓN
$V.F. \geq 9$	Óptima
$7 \leq V.F. < 9$	Buena
$4 \leq V.F. < 7$	Mejorable
$V.F. < 4$	Deficiente

Tabla 2. Clasificación de alternativas según la valoración final

Una vez analizadas las distintas alternativas y ponderadas según la expresión anterior, se obtienen los siguientes resultados finales:

COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS	
ALTERNATIVA	VALORACIÓN FINAL
0	-
1	6,2
2	3,7
3	9

Tabla 3. Comparación de alternativas

A la vista de los resultados, la alternativa óptima es la Alternativa 3: Diques exentos + Alimentación artificial, con una puntuación de 9 sobre 10.

## 6. DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA ESCOGIDA

Como ya se ha definido anteriormente, para acometer la regeneración de la playa de Les Marines se procederá a la construcción de diques exentos sumergidos que protegerán la línea de costa del oleaje incidente, evitando de esta manera la fuga de arenas, problemática principal de la playa. Además, estas obras de protección se complementarán con una obra blanda como es el aporte de arenas.

A continuación, se exponen las características de las dos actuaciones.

### 6.1. DIQUES EXENTOS

En primera instancia es necesario definir la altura de ola de cálculo que se utilizará para el diseño del dique sumergido. Puesto que la altura de cálculo recomendada por el SPM es mayor a la altura de ola en rotura se dice que nos encontramos en condiciones de rotura del oleaje por fondo o aguas someras. Por tanto, la altura de ola de cálculo tomada es igual a la altura de ola en rotura  $H_{cal} = H_b = 3,6$  metros.

La parte más afectada de la playa de Les Marines es la zona correspondiente a Blay Beach, por tanto, se decide colocar un grupo de dos diques consecutivos y alineados con otro existente en dicha zona. Estos se situarán paralelos a la línea de costa y a una distancia de unos 260 metros de esta, a una profundidad de 3,5 metros aproximadamente y con cota de coronación el nivel medio del mar.

Estos tendrán una longitud de 125 metros y una separación entre ellos de 200 metros, para evitar la formación de tómbolos o hemitómbolos.

En cuanto al tipo de estructura y materiales constituyentes de los diques, éstos serán en talud (2H:1V) y de escollera de diferentes tamaños, en concreto, la capa interior y las bermas serán de escollera de  $W_{50} = 0,3$  t y el manto principal de escollera de  $W_{50} = 4$  t.

La sección transversal es la siguiente:



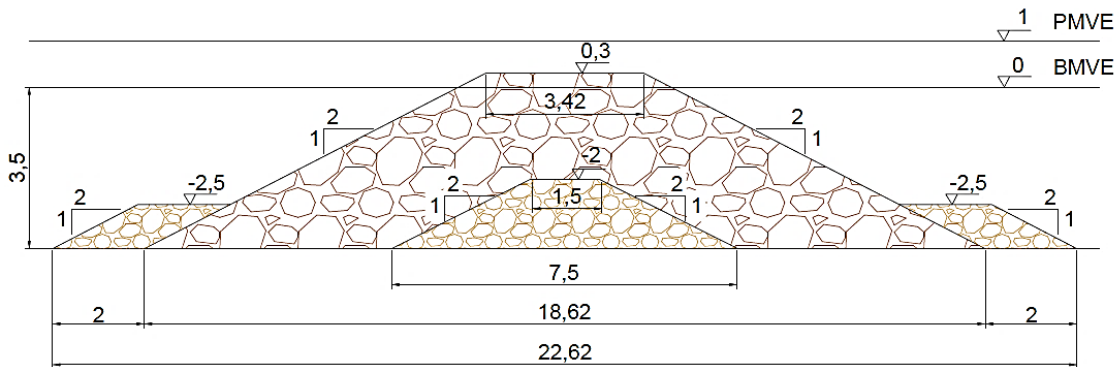


Figura 6. Sección transversal de los diques exentos (cotas en metros)

Además, en el caso de los diques rebasables es necesario estudiar el fenómeno conocido como transmisión del oleaje, resultando una reducción de altura de ola en BMVE y PMVE entorno al 55% y 20% respectivamente.

Se pueden consultar los detalles en el Anejo nº 8. *Desarrollo de la alternativa escogida*, así como la sección transversal en el Plano 05. *Sección Transversal diques exentos*.

## 6.2. ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL

La Dirección General de Puertos y Costas (1985) establece tres zonas diferenciadas en la playa seca: activa, de reposo y de espacios libres. En cuanto a la playa objeto de estudio, según la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar en su estudio de la Ecocartografía de Valencia (2007), la playa tiene un tamaño medio de sedimento ( $D_{50}$ ) de 0,31 mm y la anchura media es de 40 m, siendo la mínima de 2 m en el lugar de actuación (Blay Beach), correspondiendo esta con el tramo crítico de la playa de Les Marines.

Actualmente dicha anchura mínima se ha reducido hasta ser inexistente, encontrándose las edificaciones en contacto con el agua del mar continuamente. Además, teniendo en cuenta los datos extraídos del “Proyecto de Recuperación de la playa de Les Deveses. T.M. Dénia (Alicante)” con fecha de redacción Julio 2018, indican que el tamaño medio de sedimento en la playa de Les Marines es de 0,4 mm. Por esto, la arena de aportación se ha fijado en un tamaño algo mayor al existente, siendo el  $D_{50}$  escogido igual a 0,50 mm.

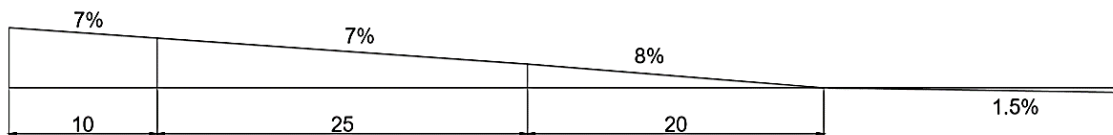


Figura 7. Diseño del perfil de la playa (cotas en metros)

Para realizar posteriormente los cálculos relativos al volumen de material necesario, se asumen anchuras de 20 m para la zona activa y 25 m para la de reposo, con un resguardo de 10 m, a lo largo de toda la longitud del tramo crítico que es de unos 400 m aproximadamente.

También es necesario determinar el perfil de diseño de la playa. Tal y como recomienda la Dirección General de Costas en las Recomendaciones de Obras Marítimas se dispondrá un

perfil de playa seca con pendientes del 8% para la zona activa, del 7% para la zona de reposo y del 1,5% para el estrán.

Para el cálculo del volumen de arena de aportación se ha empleado un método consistente en definir secciones a lo largo de la playa a una distancia conocida, fijada en este caso a 80 m, y aplicar la siguiente expresión:

$$V = \frac{A_n + A_{n+1}}{2} \cdot d$$

Siendo:

- V: el volumen teórico entre dos perfiles consecutivos (m<sup>3</sup>).
- A<sub>n</sub> y A<sub>n+1</sub>: las áreas de dos perfiles consecutivos (m<sup>2</sup>).
- d: la distancia de separación entre los dos perfiles consecutivos (m).

Por otro lado, puesto que el material de aporte no tendrá las mismas características que el actual de la playa, será necesario adoptar un factor de relleno para salvar pérdidas ocasionadas al verter el material o erosiones por oleaje. Este factor se fija en 1,3.

De esta manera, se obtiene un volumen necesario de aporte de 79.040 m<sup>3</sup>.

### 6.3. PROCEDENCIA DE MATERIALES

Para determinar la procedencia de los materiales necesarios, tanto para la construcción de los diques como para la alimentación artificial, se han consultado las diferentes canteras cercanas a la zona de actuación. Así, el material necesario para la construcción de los diques procederá de la cantera de la empresa Áridos El Vedat S.A., en el término municipal de Adsubia; y, el material de aporte en la playa, de la cantera de la empresa Arenas Forna S.L., en el término municipal de Oliva.

## 7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

### 7.1. DIQUES EXENTOS

La construcción de los dos diques exentos consecutivos se llevará a cabo por vía marítima. La escollera será trasladada mediante camiones desde la cantera de la empresa Áridos el Vedat S.A., en el término municipal de Adsubia, hasta el Puerto de Denia, lugar de acopio situado cerca de la zona de actuación. Posteriormente, se trasladará mediante barcazas al emplazamiento y se colocará por una grúa sobre pontona.

### 7.2. ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL

Como ya se ha expuesto, la arena utilizada en la regeneración de la playa provendrá de la cantera de la empresa Arenas Forna S.L., en Oliva. El material se trasladará mediante camiones hasta el punto de vertido en la playa de Les Marines, y posteriormente se distribuirá y extenderá mediante maquinaria pesada como palas cargadoras y motoniveladoras.





## 8. PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo final de ejecución de las obras es de 76 días, casi cuatro meses. Estas comenzarán en Enero de 2020 y finalizarán en Abril de 2020. La distribución de las actividades, así como el diagrama de Gantt puede consultarse en el *Anejo nº12. Programa de trabajos*.

## 9. DOCUMENTOS CONSTITUYENTES DEL PROYECTO

El Proyecto Básico de adecuación litoral de la Playa de Les Marines, T.M. Denia (Alicante) consta de los siguientes documentos:

### 1. DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

- Memoria
- Anejos de la memoria
  - Anejo 01. Encuadre geográfico, antecedentes y estado actual.
  - Anejo 02. Documentación fotográfica.
  - Anejo 03. Topografía, batimetría y DPMT.
  - Anejo 04. Geomorfología.
  - Anejo 05. Clima marítimo.
  - Anejo 06. Dinámica litoral.
  - Anejo 07. Estudio de alternativas.
  - Anejo 08. Desarrollo de la alternativa escogida.
  - Anejo 09. Procedencia de materiales.
  - Anejo 10. Procedimiento constructivo.
  - Anejo 11. Balizamiento.
  - Anejo 12. Programa de trabajos.

### 2. DOCUMENTO Nº2: PLANOS

- Plano 01. Localización.
- Plano 02. Batimetría.
- Plano 03. Perfiles transversales.
- Plano 04. Planta diques exentos.
- Plano 05. Sección transversal diques exentos.
- Plano 06. Estado final.



## 10. CONCLUSIÓN

Con todo ello, se da por concluida la Memoria, que junto con el resto de los documentos constituye el “Proyecto básico de adecuación litoral de la Playa de Les Marines, T.M. Denia (Alicante)”.

Desde el punto de vista del autor, el trabajo es perfectamente viable y aconsejable para la regeneración de la playa en cuestión, por lo que se somete al organismo competente, esperando, si procede, su aprobación.

Valencia, Noviembre de 2019

LA AUTORA:

Noelia Molinero Pérez