

## ANEJO Nº7

### ESTUDIO DE SOLUCIONES

**Autora: Laura Alcázar Giménez**

#### ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN .....	1
2.NECESIDAD .....	2
3.TIPOS DE OBRAS DE REGENERACIÓN Y SU CLASIFICACIÓN .....	3
3.1. Introducción.....	3
3.2. Tipos de obras de regeneración .....	4
3.3. Ventajas y desventajas de las distintas obras de regeneración.....	15
4.SOLUCIONES MULTIVARIADAS .....	19
4.1. Descripción .....	19
5.CRITERIOS DE SELECCIÓN .....	22
6.SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN MÁS ÓPTIMA .....	24

## **1.INTRODUCCIÓN**

En este presente anejo se hablará de las posibles soluciones al proyecto de adecuación de la fachada marítima de Saplava Sur en cuanto a las obras de regeneración del frente litoral.

Primero se comentará la necesidad de las obras de regeneración teniendo en cuenta la problemática en la zona de actuación.

Tras hablar de la necesidad, se comentarán los tipos de obras de regeneración existentes y su clasificación, analizando también los pros y contras de cada tipo de obra.

Posteriormente se procederá a seleccionar una serie de posibles alternativas teniendo en cuenta las distintas obras de regeneración existentes y los pros y contras de cada una de ellas.

Tras seleccionar las distintas alternativas y describirlas se estudiarán atendiendo a una serie de criterios de valoración y con ellos obtendremos la solución más óptima.

## 2.NECESIDAD

El tramo que afecta a nuestro trabajo es el tramo de costa que se encuentra situado en el municipio de Alborai, entre la urbanización de la Marina y el Barranco del Carraixet, que comprende aproximadamente 1 km.

Este tramo de costa está delimitado por dos espigones transversales de defensa, en tres tramos que muestran un proceso regresivo diferenciado.

Esta parte del trabajo se basará en desarrollar el diseño de una solución que subsane fundamentalmente la pérdida de sólido litoral en la línea de costa del tramo descrito anteriormente, así como su mejora estética, medioambiental y recreativa.

Ya que, debido a la construcción anterior del Puerto de Port Saplava, que supone una barrera total al transporte sólido litoral, y la construcción de la zona comercial que antecede a la playa, que daña en gran medida la panorámica visual y sirve de barrera a la posible formación de un campo dunar, el tramo de costa a sufrido un gran deterioro estético y medio ambiental, reduciéndose el ancho de playa considerablemente aun habiéndose realizado anteriormente una regeneración de los espigones transversales consolidándolos.

Así pues, este trabajo se basa en desarrollar un tramo de costa en equilibrio, estético y en el que se pueda dar un ecosistema acorde con los usuarios de la playa y la flora y la fauna presentes en el área de actuación, revalorizando la futura urbanización proyectada frente al tramo de costa y revalorizando las condiciones de la playa en sí.

Para ello se llevará a cabo una solución que sirva como defensa de la playa, que contribuya a crear un uso lúdico para los bañistas y que todo ellos pueda convivir en armonía con la flora y la fauna preexistentes, teniendo en cuenta el mantenimiento de estas condiciones en la vida útil del proyecto.

## 3.TIPOS DE OBRAS DE REGENERACIÓN Y SU CLASIFICACIÓN

### 3.1. Introducción

En este anejo tendremos en cuenta todas las posibles soluciones de defensa y regeneración existentes y valoraremos cual es la más adecuada y se adapta mejor a nuestro tramo de actuación y su entorno.

En cuanto a las obras existentes nos encontramos con dos tipos de obras:

Obras duras en las cuales se emplean elementos rígidos y que normalmente son irreversibles o difíciles de dismantelar pudiendo ocasionar un daño peor en caso de un mal diseño.

Y obras blandas, que son aquellas en las que no se emplean elementos rígidos y son reversibles o fáciles de dismantelar, por lo tanto, no podrán dejar en peores condiciones el tramo de costa en el que se empleen por un mal diseño.

También podemos dividir las obras en cuanto a la técnica empleada en otras dos categorías:

Las técnicas estructurales, en las que se emplean estructuras rígidas con el fin de detener la regresión de la costa y/o favorecer el depósito de materiales sedimentarios, situándose, sobre la costa, frente a ella o apoyándose sobre la propia línea de costa.

Las técnicas no estructurales, estas técnicas no se basan en la construcción de estructuras que detengan la recesión de costa o favorezcan el depósito de material sedimentario.

TÉCNICAS ESTRUCTURALES	
Longitudinales	Malecones
	Muros
	Revestimientos
Espigones	
Diques exentos	Diques exentos
	Diques arrecife
	Diques isla
	Diques de pie

*Tabla 1. Técnicas estructurales*

TÉCNICAS NO ESTRUCTURALES	
Regeneración dunar	Escarpe
	Campo dunar
Vegetación	Fijación de dunas
	Fondos antelitorales
Drenaje	
Alimentación artificial	
Trasvase de arenas	
Planteamiento urbano	
Retirada	
No hacer nada	

*Tabla 2. Técnicas no estructurales*

### 3.2. Tipos de obras de regeneración

#### Defensas longitudinales

Consisten en la realización de obra sobre la línea de costa o paralela a ella para frenar su recesión.

El objetivo principal de este tipo de sistemas de defensa es proteger la parte superior de la playa y terrenos posteriores a la misma, así como, rigidizar la línea de costa, intentando detener el retroceso de la de la misma.

Se colocan lejos de la línea de costa y no permiten retener los materiales sedimentarios. Se distinguen:

#### Muros y malecones

Estas defensas longitudinales tratan de proteger y contener los terrenos frente a las acciones erosivas. Son estructuras verticales, construidas paralelamente a la línea de costa y poseen un gran índice de reflexión del oleaje.

Los muros son estructuras de contención de tierras que sustituyen el escarpe natural, mientras que los malecones son estructuras de protección de la playa frente a las acciones del oleaje y de las corrientes, ya que separan la playa seca del mar.

Existen numerosas tipologías de muros. En función de la situación del muro:

- Los muros denominados seawalls, utilizados en zonas expuestas a la acción del oleaje. Los materiales utilizados en su construcción son el hormigón, la escollera y los gaviones.
- Las pantallas, denominadas bulkheads, son empleadas en zonas abrigadas o interiores y se construyen con tablestacas, planchas de hormigón o pantallas de madera.

Según sea el material empleado los muros pueden ser permeables o impermeables.

El paramento exterior de los muros se caracteriza por:

- Su disposición: vertical o inclinado.
- Adoptar formas accesorias para disipar la energía del oleaje como botaolas, oquedades o gradas.
- Estar constituido generalmente por un manto en talud de escollera o de piezas especiales de hormigón (cubos, tetrápodos o dolos) para disipar la energía del oleaje por medio de la rotura de las olas sobre el propio talud.

La principal característica de este tipo de obras es su poder reflexivo/reflejante. Esta propiedad se encuentra influenciada por el grado de rugosidad de la superficie exterior y su geometría.

El objetivo cuando se ejecuta este tipo de obras es minimizar la reflexión, ya que tal fenómeno supone un aumento en la altura de ola como consecuencia de la superposición o suma de las alturas de la ola incidente y reflejada.

Si el muro posee un alto coeficiente de reflexión, esta superposición de olas da lugar a socavaciones al pie de la obra, creando un problema de erosión local. Por esta razón es necesario colocar con frecuencia una berma de protección para impedir una socavación excesiva y el descalce del muro.

### **Revestimientos**

Consisten en paramentos inclinados situados sobre la línea de costa y contruidos de material resistente. Se construyen con la finalidad de disipar la energía del oleaje y por consiguiente evitar la recesión de la costa y proteger la zona superior de una playa o escarpe dunar.

Los revestimientos presentan un talud hacia el mar, el cual es construido con materiales sueltos, bien de escolleras naturales, elementos fabricados de hormigón, sacos de textil o de mortero; generalmente, el talud se compone de una cara de protección, un filtro y una protección de pie.

Existen dos tipos de revestimientos:

- Rígidos.
- Flexibles.

Los revestimientos rígidos soportan mal las subpresiones hidrostáticas generadas por la acción del oleaje, como tampoco soportan los asientos diferenciales.

Los revestimientos flexibles son los más empleados, porque no pierden solidez al absorber las subpresiones hidrostáticas y los asientos diferenciales.

Este tipo de defensa longitudinal produce un efecto negativo menor que el ocasionado por el oleaje al incidir sobre un muro vertical. Suelen ejecutarse como estructuras provisionales y en casos de urgencia, ya que fijan la línea de costa en breve tiempo por su rápida ejecución. Reflejan el oleaje, no tienen capacidad de regeneración de la costa y el proceso de erosión puede continuar en la playa sumergida.

No se pueden plantear como una solución a medio y largo plazo a causa de:

- Incapacidad de retener sedimentos.
- Incapacidad de detener la erosión en la zona sumergida.
- Ineficaces y acaban por hundirse, al provocar un aumento de las pendientes.
- Su disposición de rocas extendidas por la costa hace que sea desaconsejable utilizarlo en playas donde la componente turística sea importante.



*Imagen 1. Espigón longitudinal*

### **Defensas transversales-Espigones**

Un espigón es una defensa transversal que se dispone perpendicularmente a la línea de costa con la finalidad de frenar parcial o totalmente el flujo sedimentario. El efecto que se pretende conseguir con la ejecución de este tipo de defensa consiste en producir la sedimentación del material a barlomar del espigón de manera que se origine una playa apoyada. La construcción de tal elemento conlleva que se produzca un proceso erosivo a sotamar del mismo.

Los materiales que se suelen utilizar para su construcción son numerosos pero los más frecuentes son las pantallas de hormigón, la escollera natural, los geotextiles o las piezas especiales de hormigón (cubos, tetrápodos, dolos).

Los espigones se pueden clasificar en función de:

- Longitud.
- Altura.
- Forma en planta y perfil

Las dimensiones del dique dependerán del efecto que se quiera producir.

Su longitud dependerá del tipo de barrera que se quiera conseguir:

- Barrera Total: La longitud del espigón se extiende a lo largo de toda la zona de transporte. Retiene todo el volumen de sedimentos y provoca fuerte recesiones del borde a sotamar del espigón.
- Barrera Parcial: El espigón se desarrolla solo en una parte de la zona activa de transporte, permite cierto paso de sedimentos y su impacto a sotamar es inferior.

Su altura será función de la rebasabilidad del mismo. Cuando los espigones alcanzan cierta altura y no permiten el paso del oleaje, se les denomina no rebasables, y rebasables cuando el oleaje es capaz de sobrepasarlo.

Por lo que respecta al perfil, los espigones se denominan ajustables cuando se adaptan a la pendiente de la playa, o fijos cuando la coronación del espigón se mantiene a cota constante o cuasi constante.

Por su forma en planta, se pueden clasificar en simples (aquellos que conservan una misma alineación sin ramificaciones, ni cambios bruscos de dirección; pueden ser normales, oblicuos, quebrados o curvos) y compuestos (espigones en T, en Y, o en L).



*Imagen 2. Espigones transversales*

### **Diques exentos**

Se sitúan frente a la línea de costa a bajas profundidades con el fin de generar un área abrigada reduciendo la energía del oleaje de abordaje en la playa y reteniendo materiales sedimentarios.

Este tipo de defensas se ejecutan paralelamente a la línea de costa y a bajas profundidades. Constituyen una singularidad dinámica, pues se trata de un obstáculo emergido o sumergido enfrentado al litoral que provoca la difracción o disipación del oleaje disminuyendo la capacidad de transporte de sedimentos y generando una zona abrigada que favorece la sedimentación de los materiales transportados.

Existen diferentes tipos de defensas exentas:

- Diques emergidos paralelos.
- Diques exentos sumergidos.



### **Los diques emergidos paralelos (o con pequeña inclinación)**

Se trata de una obra clasificada como dura cuya finalidad es proteger a la playa disipando la energía del oleaje.

Su objetivo principal consiste en crear una zona de sombra entre el dique y la costa que se irá cubriendo de sedimentos dependiendo de la capacidad de transporte de la zona y de las características del dique: altura, longitud, distancia a la playa y permeabilidad. En el caso de que hubiera suficiente arena disponible, el dique podría acabar quedando unido a la playa mediante un tómbolo.

Para que la obra tenga efectos positivos, debe haber un aporte de sedimentos suficiente. En caso de que no los hubiera, la deposición de materiales entre el dique y la playa se hará mediante sedimentos de la misma playa provocando una erosión. Por ello, la este tipo de actuación suele ir acompañado de una alimentación artificial.

Por tanto la colocación de un dique emergido favorece la formación de hemitómbolos, tómbolos o bahías. Su funcionamiento está basado en la difracción del oleaje que se produce en torno a sus extremos y en la disminución de la energía del oleaje en la zona abrigada.

Los diques pueden ser rebasables o no rebasables, permeables o no permeables, con distintas formas en planta y distintos perfiles. Los materiales utilizados para la construcción son las escolleras, los bloques de hormigón, los gaviones, las tablestacas, etc.

Por un lado, protegen la costa situada directamente detrás de ellos al reducir los efectos erosivos del oleaje y permiten forzar un depósito de sedimentos que sea de menor volumen que el inmovilizado por los espigones.

Por otro lado, pueden llevar a la formación de una barrera porque, en ausencia de oleaje en la zona abrigada, se depositan las arenas hasta que el ensanchamiento de la playa llegue al rompeolas. Esta barrera impide el transporte sólido litoral lo que puede generar problemas de alimentación en materiales de otras playas. Además, producen un impacto visual negativo, dado que el dique emergido impide divisar el horizonte.

### **Los diques exentos sumergidos**

Estos diques, sin alcanzar la superficie del agua, permiten una disminución de la energía del oleaje que pasa sobre ellos, permitiendo un mejor apoyo del perfil de la playa, con el previsible aumento de la anchura de la playa seca.

La topología y los materiales de construcción de estos diques exentos sumergidos son similares al caso de los emergidos, pero de menor coste. Tradicionalmente se han realizado con escolleras, aunque en los últimos años se ha generalizado la utilización de los arrecifes artificiales. Hay de decir que los arrecifes artificiales son básicamente colocados para favorecer la reproducción biológica y la protección de los fondos marinos, pero sus utilidades como método de protección de la costa se puede justificar

si además de una regeneración de la playa, el tramo de costa estudiado necesita la creación de áreas de repoblación marina.

Es un tipo de estructura que depende de las carreras de marea y de la posición del nivel del mar. Esto se debe a que se calculan para un francobordo determinado y, si este varía en un gran intervalo, puede que no se obtengan los efectos esperados. Por esta razón este tipo de elementos suelen funcionar mejor en costas como la mediterránea.

Los diques exentos sumergidos generan un impacto negativo menor que los emergidos, ya que se produce un depósito de sedimentos de menor volumen y por consiguiente se reduce la probabilidad de formación de tómbolos. Además no transforman el paisaje, puesto que se sitúan por debajo del nivel medio del mar.

### **Las islas plataforma**

Son pequeñas islas circulares, actuando como pequeños diques exentos emergidos, que consiguen disipar la energía del oleaje. Se construyen con escolleras con una solera de hormigón y se colocan generalmente a varias decenas de metros de la costa.

### **Los conos de difracción**

Son pequeños obstáculos, constituidos por una serie de cilindros o conos de hormigón ligados entre sí por un pie sumergido paralelo a la línea de costa.

Los conos de difracción permiten reducir la energía del oleaje. Su objetivo principal es de cambiar la dirección dominante de oleaje muy oblicuo o paralelo a la línea de costa por difracción.



*Imagen 3. Diques exentos*

### **Alimentación artificial**

Se localiza en playa seca y consiste en aportar arenas a la playa hasta alcanzar la situación original o conseguir la anchura de playa óptima realizando diversas técnicas para obtener la arena ya sea de fondos marinos, continentales, artificiales, conjuntamente con estructuras y no-estructurales o realizando recargas.

Es la solución blanda por excelencia. Consiste en depositar una gran cantidad de arena o grava en la playa seca o sumergida con la intención de restituir la playa erosionada o ampliar el ancho de la misma.

La alimentación puede ser directa mediante materiales marinos o tratados artificialmente en cantera, o hacerse mediante un transvase de arenas de puntos de la costa con exceso de sedimentos.

La alimentación directa se realiza por medios mecánicos, la colocación puede ser directa o puede ser depositada de manera que sea el oleaje el encargado de distribuirla por la playa. La procedencia de los materiales puede ser terrestre o marina.

El propósito de realizar este tipo de actuación es devolver a su estado original una playa fuertemente erosionada. Con el paso del tiempo serán necesarias recargas periódicas, dependiendo del tiempo de residencia de las arenas (mínimo de 5 años), ya que los fenómenos erosivos se seguirán produciendo.

Uno de los aspectos a tener en cuenta cuando se lleva a cabo una alimentación artificial es la procedencia de los materiales. Estos han de cumplir una serie de requisitos:

- El conjunto del material ha de poseer un volumen suficiente.
- La calidad debe ser la adecuada. Deberá estar libre de contaminantes, metales pesados, bacterias y demás sustancias perniciosas para los usuarios de las playas.
- El diámetro del material de aporte debe igual o mayor al que existe en la playa, de manera que la granulometría de la playa no se vea fuertemente afectada.
- Su obtención de zonas marinas próximas puede producir un impacto ambiental negativo como consecuencia de los procesos de extracción.

En el caso de que el material provenga de bancos marinos, el procedimiento de extracción se hará mediante dragas. Su deposición puede ser directa mediante la propia draga o tuberías si la draga no puede acercarse hasta la costa. Las arenas depositadas son redistribuidas posteriormente por medios terrestres.

Cuando las arenas provienen de cantera, se llevan a la playa mediante camiones u otros medios terrestres. Antes de su definitiva distribución, se colocan en la orilla de la playa para que tengan un segundo lavado. Posteriormente, se pasa a su implantación definitiva.

La distribución de los materiales puede hacerse colocando las arenas directamente sobre el estrán emergido y dejando al oleaje que lo redistribuya. O, también, puede realizarse a lo largo del todo el perfil tanto emergido como sumergido. Esta última solución es más cara y compleja, pero a largo plazo ofrece mejores resultados.

Es importante destacar que en playas con praderas de posidoneas, el material vertido puede depositarse en dichas praderas y no conseguir el efecto esperado.

Otra consideración que se debe tener en cuenta es el efecto que puede ocasionar el vertido si acaba depositándose en un cauce, ya que puede dar lugar a inundaciones en las proximidades.



*Imagen 5. Alimentación artificial*



*Imagen 4. Alimentación artificial*





*Imagen 6. Alimentación artificial*

### **Trasvase**

Puede localizarse tanto en playa seca como sumergida y consiste el restablecimiento de la corriente de transporte sólido cuando es interrumpida por barreras ya sea por vía terrestre, marina o mediante una instalación fija.

Es un proceso que intenta restituir la dinámica litoral natural interrumpida por alguna barrera. El método consiste en trasladar de manera artificial los sedimentos acumulados a barlomar al área erosionada de sotamar. Este método es comúnmente utilizado en aéreas portuarias.

El trasvase puede realizarse de forma continua o discontinua. Dependiendo de los medios empleados pueden ser:

- Vía Marítima
- Vía Terrestre
- Instalación Fija

Las plantas fijas de dragado en tierra firme, generalmente, se configuran con una estación de bombeo estacionada en la playa que absorbe arena y la impulsa por conducción sumergida. La elección del punto de descarga es muy importante, ya que se debe tener en cuenta el oleaje.

Esta solución es muy buena en los casos en que haya una gran barrera cercana que corte la dinámica litoral. En caso de que no estuviera cercana, los costes de transporte se elevarían y sería inviable esta solución

Tres operaciones entran en el proceso:

- Recogida de los sedimentos: se lleva a cabo mediante retroexcavadoras (palas), dragaminas, dragas de succión o dragas de cuchara.
- Transporte y la descarga: realizados con camiones, dúmpers, cintas transportadoras, gánguiles o tuberías.

El método más común es cargar con una draga de succión y transportar y verter los materiales mediante tuberías.

### **Regeneración dunar**

Las dunas se presentan como el último elemento de una playa. Constituyen auténticas reservas de arena para las playas. En muchos sistemas, su presencia es fundamental para preservar la existencia de la playa seca. Además protegen de la acción de los vientos salinos la flora y las estructuras dispuestas en el trasdós de las mismas.

Estas reservas de arena adquieren especial importancia en los episodios de temporales extremos donde el mar toma gran parte de la arena y la introduce dentro de la playa sumergida adaptando su perfil a estas condiciones extremas.

En caso de que esta reserva de arena no exista, la playa no podrá adaptarse a estas condiciones y le será más complicado disipar la energía del oleaje y por consiguiente la playa quedara sin protección y las olas podrán inundar las tierras de una costa baja.

Hay dos formas principales de crear estos sistemas:

- Construcción de las dunas por métodos mecánicos y fijación de las mismas mediante vegetación.
- Restitución de la duna mediante la construcción de pantallas o captadores pasivos, además de la posterior fijación vegetal.

El primer método es más rápido, pero al no ser un proceso natural es menos durable si lo comparamos con el segundo.

En definitiva ambos métodos de protección se caracterizan por ser:

- Económicamente viables
- Durables en el tiempo
- Estéticamente adecuados
- Generadores de un impacto ambiental positivo.



*Imagen 7. Regeneración dunar*

### **Revegetación**

Se da tanto en playa seca como en playa sumergida para la fijación de dunas naturales y/o artificiales o la regeneración de praderas de fanerógamas.



*Imagen 8. Fijación de dunas*

### **Drenaje**

Se realiza en playa seca para recuperar playas que se encuentran en proceso regresivo.

Son sistemas modernos e innovadores, se colocan enterrados en la playa seca. Su funcionamiento se basa en reducir el nivel freático. Es una técnica bastante nueva, así

que se desconocen posibles problemas que se deriven de su puesta en funcionamiento.

#### **Planeamiento**

Se trata de realizar un plano urbanístico coherente con la protección de la línea de costas.

#### **Retirada**

Consiste en eliminar los elementos rígidos, es decir las infraestructuras, instalaciones y construcciones, situados junto a la costa y amenazados por el oleaje y, dejar que la dinámica litoral establezca una situación de equilibrio.

#### **No hacer nada**

### **3.3. Ventajas y desventajas de las distintas obras de regeneración.**

#### **Defensas longitudinales**

Este tipo de defensas, como se indicaba anteriormente, son capaces de frenar el retroceso de la línea de costa pero esto hecho puede conllevar que el fenómeno erosivo se traslade a la playa sumergida, de manera que dicho proceso puede poner en peligro la estabilidad de la propia defensa llegando en ocasiones a arruinarla y permitiendo que la acción erosiva siga tierra adentro.

Las defensas longitudinales son óptimas para resolver problemas de forma inmediata y urgente, pero nunca, por lo general, pueden considerarse como soluciones definitivas a la protección de costas, salvo en el caso particular de los cordones dunares.

Hoy en día las defensas longitudinales tienen un impacto visual negativo y no permiten el disfrute de la franja de playa. Por esta razón se suelen utilizar en los tramos en los cuales no se prevé un uso turístico-recreativo.

La finalidad del proyecto es regenerar la playa y, por tanto, ampliar el ancho de la misma. Como se ha comentado anteriormente con la colocación de muros o revestimientos no se podrá conseguir el propósito del estudio. Además, este tipo de actuaciones generan un impacto visual negativo importante y por tanto se considera que deterioran el medio ambiente. Por todo ello, se determina el descartarlas definitivamente.

#### **Defensas transversales-Espigones**

El principal problema de este tipo de defensa es que su efecto barrera provoca la recesión de la playa a sotamar del espigón, trasladando el proceso erosivo a otros tramos litorales.

Este tipo de defensa destaca por su sencillez de cálculo y construcción, y además resulta ser una solución económica.

Los espigones colocados en la playa Saplaya, aunque suponen un impacto negativo, ambiental y visual, importante han conseguido frenar parcialmente el proceso erosivo que sufre la costa como consecuencia de la construcción de la marina de Port Saplaya.



Con el paso del tiempo este fenómeno se irá acentuando y como consecuencia se irá deteriorando la playa progresivamente. Por esta razón se hace necesario complementar las defensas ya existentes con otro tipo de actuaciones.

### **Diques exentos**

En este conjunto de obras se han mencionado los diques exentos, las islas plataforma, los conos de difracción y los arrecifes artificiales.

En primer lugar, descartar los arrecifes, ya que no se consideran obras propias de una regeneración costera.

Las islas plataforma y los conos de difracción han sido muy poco utilizados y los efectos que producen pueden ser también producidos por los diques exentos.

Por tanto, no se consideran como alternativas a aplicar en este proyecto.

Las ventajas de los diques son que:

- Influyen parcialmente en el transporte sólido litoral y se puede regular el paso de los sedimentos.
- Permiten la creación de zonas aptas para el baño, ya que reducen la energía del oleaje. No suponen un deterioro de la playa seca, ni de la zona de baño.
- Los sumergidos consiguen reducir el impacto visual que los emergidos producen.

Los inconvenientes son que:

- Los costes de construcción son muy elevados, debido a que normalmente deben acometerse con una maquinaria flotante específica, al ser unas obras aisladas de la tierra.
- Pueden llegar a causar erosiones en la zona a sotavento si el efecto barrera es considerable.
- Los diques emergidos impiden la visión, desde la playa, de la línea del horizonte.
- Suponen un obstáculo infranqueable para las embarcaciones de recreo.

Por tanto se presentan dos posibles soluciones:

- Dique exento emergido
- Dique exento sumergido

Ambas actuaciones producen efectos similares sobre la costa, aunque el efecto de los diques sumergidos es menos acusado con la creación de hemitombolos. Los diques emergidos pueden llegar a crear tómbolos y no es el efecto que se persigue.

Además una ventaja de los diques sumergidos respecto de los emergidos es que estos no producen un impacto visual negativo.

Un inconveniente de la ejecución de este tipo de defensa es el elevado coste que conllevan, con respecto a otras posibles soluciones.

Aunque medioambientalmente parecen ser las alternativas más apropiadas.

Por las razones expuestas, es posible contemplar la construcción de diques exentos sumergidos como posible alternativa viable.

### **Alimentación artificial**

La alimentación artificial es la obra de regeneración blanda por excelencia.

Desde el punto de vista funcional, la alimentación artificial, es la solución principal, ya que permite solucionar la causa fundamental de los problemas de erosión, el defecto de aporte natural de arena y consigue crear una superficie de playa seca

Este tipo de actuación puede conllevar posibles efectos medioambientales negativos sobre los fondos marinos.

Además, es necesario un seguimiento constante de la playa regenerada puesto que para conseguir el equilibrio será necesario realizar una serie de recargas periódicas.

Normalmente la alimentación artificial va acompañada de otra actuación que complementa tal actuación, con el propósito de retener el material aportado, como la construcción de espigones o diques.

Un inconveniente que conlleva la realización de tal actuación es la obtención de las arenas de aportación. Hoy en día es el principal problema, ya que la fuente de sedimentos generalmente o no cumple las restricciones de tamaño, calidad y origen, o bien, los volúmenes extractivos no son suficientes.

En el caso de que no se encuentren arenas con las características necesarias, se estudiará la posibilidad de emplear arenas artificiales, obtenidas por machaqueo y otro tipo de procesos.

En definitiva, el empleo de la alimentación artificial es una solución factible en combinación con la ejecución de una obra dura como puede ser un espigón o un dique.

### **Trasvase**

Es una actuación sostenible y gestiona muy bien el material sólido disponible es independiente de otras actuaciones y se puede verter en distintos puntos sin embargo el coste de implantación y mantenimiento es elevado.

- Vía terrestre

Es adecuada para actuaciones urgentes con volúmenes bajos pero tiene un coste elevado, causa emisión de polvo, impacto sonoro, impacto en el tráfico y son necesarias vías de accesibilidad.

- Vía marítima

Las ventajas que presenta esta técnica es que no se influye en el tráfico y es adecuada para grandes volúmenes pero tiene también un coste elevado, causa impacto sonoro, el plazo de ejecución también puede ser un inconveniente y su dependencia

- Instalación fija

Vía terrestre tiene problemas de mantenimiento y reparación

Vía marítima tiene problemas de navegación

El by-passing se utiliza, sobre todo, en las zonas portuarias, trasvasando la arena desde un triángulo de acumulación a barlomar del puerto hasta una zona erosionada situada a sotamar del mismo puerto.

En el caso de la playa Saplaya, la zona que podría alimentar el bypassing se sitúa al Norte de la marina de Port Saplaya, pero el volumen de arena en esta zona es mucho menor que el volumen necesario para la regeneración. Por tanto se decide descartar esta solución.

### **Regeneración dunar**

La creación de dunas es una buena medida para restablecer el equilibrio de la playa sirviéndole como reserva frente a temporales. Es una solución durable y con un impacto ambiental positivo, además aumenta significativamente la calidad paisajística.

### **Revegetación**

Es una opción que causa un impacto positivo y que iría de la mano con la regeneración dunar, para su posterior fijación.

Por lo tanto, este tipo de solución si se contempla en este caso.

### **Drenaje**

A causa de la poca experiencia que se tiene sobre estos sistemas se decide descartar esta opción de las posibles alternativas.

### **Retirada**

La opción de la retirada se contemplará puesto que lleva consigo poder aumentar la sección de playa con una regeneración dunar, y por lo tanto, retiraremos el paseo marítimo unos metros al igual que la futura urbanización, dando lugar a un espacio recreativo y de un valor medio ambiental mayor.

### **No hacer nada**

Pese a ser a simple vista desaconsejable, es bueno considerar esta opción en las alternativas.

## 4.SOLUCIONES MULTIVARIADAS

### 4.1. Descripción

Hasta el momento se han analizado las diferentes técnicas de protección costera y de regeneración de playas.

El análisis ha consistido en evaluar las posibles soluciones mediante una serie de criterios de tipo cualitativo:

- Funcionales
- Medioambientales
- Estéticos

De este análisis se han deducido las posibles alternativas viables para la regeneración y la protección de la playa Saplaya:

#### - Alternativa 1: Alimentación artificial+ Diques existentes+ Espigón en Carraixet.

Esta alternativa consiste en dejar los diques ya existentes a modo de barrera de control de sedimentos, un espigón próximo al barranco que funcionaría similar a los ya existentes y una alimentación artificial como complemento a las anteriores obras de defensa descritas.

Dicha alternativa abarataría en gran medida el coste de la obra de regeneración, pero como podemos ver, los diques ya existentes no han funcionado del todo bien y no protegen la costa de la acción del oleaje, por lo que la playa seguiría estando en un proceso regresivo y sería necesario realizar alimentaciones artificiales de continuo, lo que finalmente terminaría encareciendo el coste.

En la siguiente imagen aparece un croquis donde podemos apreciar visualmente en qué consistiría esta solución:



*Imagen 9. Alternativa 1*

**- Alternativa 2: Colocación de diques exentos sumergidos + Alimentación artificial+ Espigones en Carraixet y en la bocana del puerto.**

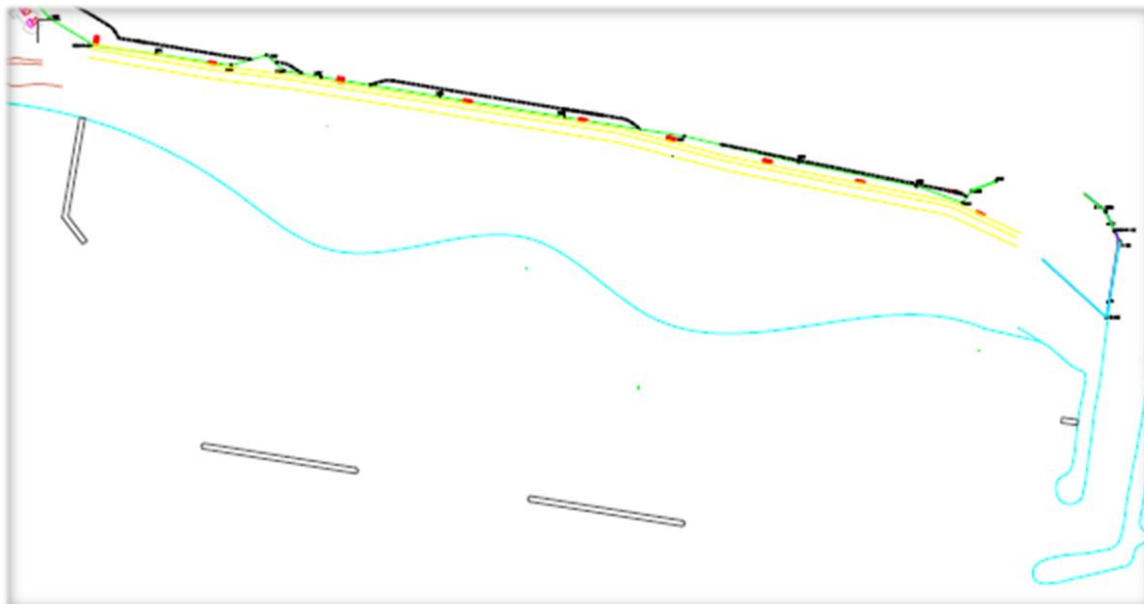
La alternativa 2 consiste en reemplazar los espigones transversales que ya existen en el tramo de regeneración y sustituirlos por unos diques exentos sumergidos que facilitarían la acumulación de sedimentos en la playa además de proteger la costa frente a la acción del oleaje y no supondrían una barrera visual como suponen los espigones actuales.

Esta solución también se combinaría con dos espigones transversales, uno próximo al barranco y otro mucho menor en la bocana del puerto cuya función sería la de controlar el transporte de sedimentos favoreciendo más si cabe la acumulación de sedimentos en la zona.

Por último, esta solución se completaría con una alimentación artificial y una regeneración dunar que garantizarían un ancho de playa adecuado para los futuros usuarios de la playa y la mejora del ecosistema presente además de proporcionarle la reserva necesaria de arena frente a temporales que le permita alcanzar un equilibrio.

Esto llevaría consigo una demolición del paseo actual previamente a la obra proyectada en este estudio y el traslado de la futura urbanización (ahora zona comercial) unos metros.

En la siguiente imagen aparece un croquis donde podemos apreciar visualmente en qué consistiría esta solución:



**- Alternativa 3: No actuación.**

La no actuación es una alternativa que se puede contemplar como medida de no empeorar las condiciones existentes en el tramo de playa descrito, puesto que ejecutar mal una obra dura puede suponer daños graves e irreversibles. Por el contrario, esto supone no cambiar nada y dejar la costa en su estado actual con los problemas de regresión descritos anteriormente.

Lo bueno de esta solución es que no supondría coste y además no alteraríamos el ecosistema al no realizar ninguna obra.

## 5.CRITERIOS DE SELECCIÓN

La valoración de las alternativas se realiza mediante un Análisis Multicriterio. Con este análisis se pretende obtener cuál de las alternativas es la solución ideal al problema.

El análisis se fundamenta en una serie de criterios, a los cuales en función de su relevancia se les otorgara unos determinados pesos.

Los criterios son los siguientes:

- Funcionalidad: Capacidad de la alternativa elegida para resolver la problemática y cumplir los con los objetivos del proyecto.
- Estética: Este criterio es enfocado desde la perspectiva del usuario que disfruta de la playa.Por esta razón la actuación a ejecutar debe satisfacer:
  - ❖ Criterios granulométricos para las arenas existentes.
  - ❖ Anchura de playa adecuada.
- Ambiental: Evalúa la agresividad de la actuación a ejecutar para el medio donde se sitúan las obras así como su entorno.Es importante destacar que la playa queda encajada en un medio fuertemente antropizado, entre un pequeño puerto deportivo y una gran superficie comercial. Por esta razón se decide asignarle un peso a este criterio de evaluación.
- Económico: Trata de valorar la viabilidad de cada alternativas en función de los costes de su ejecución.

El análisis que se lleva acabo consiste en valorar para cada una de las alternativas los criterios anteriores, otorgándoles una determinada puntuación. Esta puntuación estará comprendida entre 0 y 100.

La alternativa que satisfaga el criterio a evaluar se le asignara la máxima puntuación, 100, mientras que si no cumple con el objetivo obtendrá un valor cercano a 0.

Asimismo, se debe valorar la relevancia de cada criterio, asignándole un peso determinado. Los pesos considerados son los siguientes:

- Criterio Funcional: 4
- Criterio Estético: 1
- Criterio Ambiental: 2
- Criterio Económico: 3

Seguidamente la valoración se efectuara conforme la formulación siguiente:

$$Valoración = \sum Peso_i * Nota Criterio_i * 4_i$$

Finalmente se obtendrá una puntuación para cada alternativa entre 0 y 10 que permitirá conocer la alternativa a ejecutar.

A continuación, se procede a analizar cada alternativa para la regeneración de Port Saplaya según los criterios expuestos.

**Criterio funcional:**

Valor	Criterio funcional
100	Solución óptima del problema
50	Solución parcial del problema
0	No soluciona la problemática

*Tabla 3. Criterio funcional*

**Criterio medioambiental:**

Valor	Criterio ambiental
100	No causa impacto
50	Causa impacto
0	Causa impacto inadmisible

*Tabla 4. Criterio medio ambiental*

**Criterio estético:**

Valor	Criterio estético
100	No afecta estéticamente al entorno
50	Afecta sensiblemente a la estética del entorno
0	Afecta estéticamente al entorno

*Tabla 5. Criterio estético*

**Criterio económico:**

Valor	Criterio económico
100	Coste reducido
50	Coste medio
0	Coste elevado

*Tabla 6. Criterio económico*



## 6. SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN MÁS ÓPTIMA

### **ALTERNATIVA Nº1: Alimentación artificial+ Espigones existentes+ Espigón en Carraixet**

Esta actuación se basa en la combinación de dos métodos, uno de protección, como los espigones ya existentes que constituyen una obra dura y otro de regeneración, que consiste en la alimentación artificial de la playa.

Por tanto no disminuyen la energía del oleaje incidente sobre la playa, pero suponen una barrera al transporte longitudinal favoreciendo acumulación de sólidos a barlomar de los espigones.

Por el contrario se produce un proceso erosivo a sotamar de los espigones provocando que la playa quede en el estado en el que se encuentra actualmente.

Esta técnica, desde el punto de vista funcional, presenta la ventaja de una regeneración rápida. A largo plazo es bastante factible que las arenas se pierdan hacia el sur, por lo que exige un mantenimiento constante mediante realimentaciones periódicas.

La navegación de las embarcaciones no se verá restringida en la zona.

Por un lado, conservar los espigones existentes no supone un impacto ambiental negativo, ya que estos ya están ejecutados.

Por otro lado, la realización de una alimentación artificial implica la modificación de los fondos marinos de la playa sumergida y de la playa seca, y esto puede suponer la destrucción de fauna y de flora de la zona, por lo que se genera un impacto ambiental negativo.

Desde el punto de vista estético la conservación de los espigones genera impacto visual negativo.

Finalmente desde el punto de vista económico se trata de la alternativa constructiva más económica ya que tan solo se debe de ejecutar la alimentación artificial así como el espigón de control en el barranco del Carraixet.

Es importante destacar que la alimentación artificial puede resultar costosa dependiendo de los áridos a utilizar, aunque este coste repercute por igual en todas las alternativas constructivas elegidas.

#### **Valoración:**

Criterio funcional: 50

Criterio ambiental: 60

Criterio estético: 25

Criterio económico: 80

Total: 58.5

La valoración global de la alternativa N°1 es:

$$\text{Valoración global} = 0.4 * C_{\text{Funcional}} + 0.3 * C_{\text{Económico}} + 0.2 * C_{\text{Ambiental}} + 0.1 * C_{\text{Estético}} = 0.4 * 50 + 0.3 * 80 + 0.2 * 60 + 0.1 * 25 = 58.5$$

**ALTERNATIVA N° 2: Colocación de diques exentos sumergidos + Alimentación artificial y regeneración dunar+ Espigones en Carraixet y en la bocana del puerto.**

En primer lugar es importante destacar que la actuación consiste en la combinación de dos métodos, uno de protección, como es la construcción de diques exentos sumergidos, y otro de regeneración, que consiste en la alimentación artificial de la playa.

Los diques exentos sumergidos constituyen una obra dura de apoyo cuyo objetivo consiste por un lado en la contención de los sedimentos de aportaciones en la zona de playa sumergida y por otro en frenar la energía del oleaje.

Como en las alternativas anteriores esta técnica, desde el punto de vista funcional, presenta la ventaja de una regeneración rápida. A largo plazo es bastante factible que las arenas se pierdan hacia al sur, por lo que exige un mantenimiento constante mediante realimentaciones periódicas.

La navegación de las embarcaciones se verá restringida en la zona, a causa del escaso calado que queda por encima de los diques sumergidos.

Además la retirada de los espigones existentes supone, para los usuarios, que se podrá disponer de todo el ancho de la playa.

Desde el punto de vista medioambiental la retirada de los espigones así como la ejecución de los diques sumergidos, la alimentación artificial y la regeneración dunar suponen un impacto ambiental negativo, ya que estas actuaciones conllevan la modificación de los fondos marinos de la playa sumergida y de la playa seca, y esto puede suponer la destrucción de fauna y de flora de la zona.

Estéticamente, la retirada de los espigones, la creación de una playa seca de anchura deseada mediante la alimentación artificial y regeneración dunar y la construcción de unos diques exentos sumergidos suponen un punto positivo.

Desde el punto de vista económico, se trata de la actuación con mayor coste.

Finalmente como en la alternativa anterior es importante destacar que la alimentación artificial y la regeneración dunar pueden resultar costosas dependiendo de los áridos a utilizar. Además se debe tener en cuenta el mantenimiento con aportes periódicos que se deben llevar acabo y que comportan un elevado coste de operación.

El coste de estas actuaciones repercute por igual en todas las alternativas constructivas elegidas.

### **Valoración**

Criterio funcional: 75

Criterio ambiental: 40

Criterio estético: 75

Criterio económico: 50

Total: 60.5

La valoración global de la alternativa N°2 es:

$$\text{Valoración global} = 0.4 * C_{\text{Funcional}} + 0.3 * C_{\text{Económico}} + 0.2 * C_{\text{Ambiental}} + 0.1 * C_{\text{Estético}} = 0.4 * 75 + 0.3 * 50 + 0.2 * 40 + 0.1 * 75 = 60.5$$

Se trata de una solución eficaz para resolver los problemas existentes en la playa Saplaya y poder crear una playa seca de la anchura buscada.

### **ALTERNATIVA N° 3: No Actuación**

Esta solución contempla dejar la playa tal y como está.

Esto conllevará que la playa intente llegar al equilibrio por sí misma, por lo que previsiblemente, el paseo acabará dañado por el oleaje.

Desde el punto de vista funcional, la tendencia de la playa será el de ver reducido su ancho progresivamente. Con esta actuación no se soluciona la problemática existente sino que además se acrecienta.

Desde el punto de vista estético la regresión de la costa afectará negativamente a la concepción de la playa. Este efecto se acrecentará si, a su vez, el paseo queda dañado en la época de temporales.

Medioambientalmente, esta alternativa no contempla ningún tipo de impacto ambiental, ya que no se lleva a cabo ningún tipo de actuación. Pero a largo plazo supone la desaparición progresiva de la playa y pone en peligro las construcciones anexas a la misma.

Desde el punto de vista económico es la solución más barata ya que no se supone ningún gasto económico. Es significativo destacar que a largo plazo la progresiva degradación de la playa afectará a las actividades económicas de la zona como consecuencia de la pérdida de valor de la misma para los usuarios.

### **Valoración:**

Criterio Funcional: 10

Criterio ambiental: 100

Criterio estético: 50  
Criterio económico: 50  
Total: 49

La valoración global de la alternativa N°3 es:

$$\text{Valoración global} = 0.4 * C_{\text{Funcional}} + 0.3 * C_{\text{Económico}} + 0.2 * C_{\text{Ambiental}} + 0.1 * C_{\text{Estético}} = 0.4 * 10 + 0.3 * 100 + 0.2 * 50 + 0.1 * 50 = 49$$

Por último se expone un cuadro a modo de resumen:

VALORACIÓN FINAL ALTERNATIVAS					
ALTERNATIVAS	Funcional	Ambiental	Estético	Económico	Total
Nº1	50	60	25	80	58,5
Nº2	75	40	75	50	60,5
Nº3	10	100	50	50	49

Tabla 7. Valoración final alternativas

Por lo que según la valoración, la alternativa seleccionada es la alternativa N°2 que consiste en la realización de dos diques exentos, dos espigones de control, uno en la bocana del puerto y otro justo al barranco, la alimentación artificial y la regeneración dunar.

Croquis de la alternativa seleccionada:

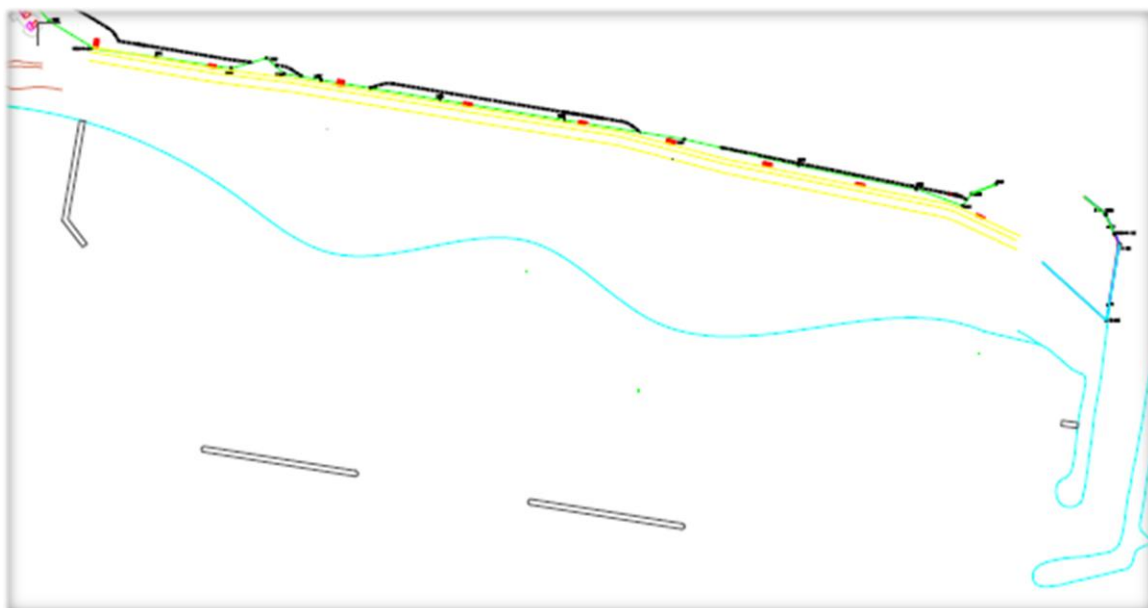


Imagen 10. Alternativa seleccionada