

Anejo N.º 9: ESTUDIO DE SOLUCIONES

Tabla de contenido

1. OBJETO.....	4
2. INTRODUCCIÓN.....	4
3. PROBLEMA DEL TRAMO OBJETO DE ESTUDIO.....	4
4. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS PARA LA DEFENSA, PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN DE COSTAS.....	6
4.1. DEFENSAS LONGITUDINALES	6
4.1.1. Muros	7
4.1.2. Revestimientos.....	8
4.2. DEFENSAS TRANSVERSALES	8
4.2.1. Espigones.....	8
4.3. DEFENSAS EXENTAS.....	9
4.3.1. Diques exentos	9
4.3.2. Diques de pie.....	10
4.3.3. Diques arrecifales	10
4.3.4. Isla-plataforma	11
4.3.5. Conos de difracción	11
4.4. REGENERACIÓN DUNAR.....	11
4.5. ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL.....	12
4.5.1. Traspase de arenas	13
4.6. RETIRADA ESTRATÉGICA.....	14
4.7. OTRAS METODOLOGIAS	14
4.7.1. Algares artificiales o arrecifes artificiales.....	14
4.7.2. Regeneración de pradera de posidonia	14
4.7.3. Drenaje	15
5. SELECCIÓN PREVIA DE ALTERNATIVAS.....	15
5.1. DEFENSAS LONGITUDINALES	15
5.1.1. MUROS Y REVESTIMIENTOS.....	15
5.2. DEFENSAS TRANSVERSALES	16
5.3. DEFENSAS EXENTAS.....	16
5.3.1. Diques exentos	16
5.3.2. Diques arrecifales y dique de pie	16
5.3.4. Isla-plataforma y conos de difracción	17
5.4. REGENERACIÓN DUNAR.....	17
5.5. ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL.....	17
5.5.1. Traspase de arenas	17

Anejo N.º 9: ESTUDIO DE SOLUCIONES

5.6. RETIRADA ESTRATÉGICA.....	18
5.7. OTRAS METODOLOGÍAS	18
5.6.1. Algares artificiales o arrecifes artificiales	18
5.6.2. Regeneración de pradera de posidonia	18
5.6.3. Drenaje	18
5.7. NO ACTUAR	18
6. RESUMEN DEL ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	18
7. CRITERIOS DE VALORACIÓN.....	19
7.1. DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS DE VALORACIÓN.....	19
8. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS VIABLES.....	21
8.1. ALTERNATIVA 0: NO ACTUACIÓN.....	21
8.2. ALTERNATIVA 1: DEFENSA LONGITUDINAL MÁS ALTA CON ESCOLLERA + ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL.....	23
8.3. ALTERNATIVA 2: DEFENSA LONGITUDINAL ACTUAL + MURO ESPALDÓN + ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL.....	24
8.4. ALTERNATIVA 3: PROLONGACIÓN DEL DIQUE EXENTO Y ESPIGÓN EN “T”+ RETIRADA DEFENSA + ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL	25
8.5. ALTERNATIVA 4: NUEVO DIQUE EXENTO + RETIRADA DEFENSA + ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL	28
9. SOLUCIÓN ÓPTIMA.....	31

4. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS PARA LA DEFENSA, PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN DE COSTAS

En este apartado se describen los distintos tipos de obra que existen para solucionar los problemas que se pueden presentar en las costas. Estos tipos de obras nos proporcionan diversas formas de defender, proteger y regenerar las playas. La defensa y protección costera conllevan la conservación del tramo de costa de la acción del oleaje, de las obras de regeneración que tienen por objeto la restitución de una situación pasada, es decir, volver a disponer de las condiciones existentes que por unas razones u otras se habían perdido.

Las distintas obras pueden clasificarse en dos grupos; blandas o duras; o atendiendo a la rigidez de las estructuras. Las obras duras son irreversibles o de difícil desmantelamiento y una vez colocadas pueden quedar peor de lo que estaba originalmente. Por otro lado, las obras blandas sí son reversibles y una vez dispuestas, no empeoran el estado original de la costa.

También se puede realizar una clasificación de las diversas alternativas desde el punto de vista estructural:

- Técnicas estructurales: Son aquellas que emplean estructuras rígidas con el objeto de detener la recesión y/o forzar el depósito de materiales:
 - Defensas longitudinales: malecones, muros, revestimientos.
 - Obras transversales: espigones.
 - Obras exentas: diques exentos, diques arrecifales, diques isla, diques de pie y conos de difracción.
- Técnicas no estructurales: Son aquellas que no emplean estructuras para detener la recesión y/o forzar el depósito de materiales:
 - Regeneración dunar: escarpe, campo dunar.
 - Alimentación artificial.
 - Trasvase de arenas.
 - Retirada estratégica.
 - Otras: algas arrecifales, regeneración de praderas de Posidonia, drenaje de playas, etc.

Seguidamente se realiza una descripción de los distintos métodos de actuación anteriormente citados.

4.1. DEFENSAS LONGITUDINALES

Las obras de defensas longitudinales se extienden paralelas a la línea de costa y constituyen la manera más rápida para detener el proceso erosivo o defender una infraestructura.

Las defensas longitudinales son óptimas para resolver problemas de forma inmediata y urgente, pero nunca, en general, pueden considerarse como soluciones definitivas a la protección de costas.

Son utilizadas donde es necesario mantener una posición avanzada de la costa frente a tramos adyacentes, donde hay un escaso aporte de materiales del litoral y poco o nada de la playa, o donde se precisa una rápida protección frente a la erosión como es el caso de la defensa del tramo de estudio.

Entre las tipologías principales destacan los muros, las pantallas y los revestimientos.

Anejo N.º 9: ESTUDIO DE SOLUCIONES

4.4.1. Muros

Los muros son estructuras verticales siendo su finalidad la de producir reflexión del oleaje, proteger la línea de costa y contener los terrenos posteriores, sin embargo, no detienen la erosión. La característica básica de este tipo de obras es su poder de reflexión.

Dependiendo del tipo de muro, se pueden utilizar materiales como el hormigón, la escollera o las tablestacas, y según su resistencia se pueden distinguir:

- Muros resistentes 'bulkheads', con retención del relleno, véase figura 4.

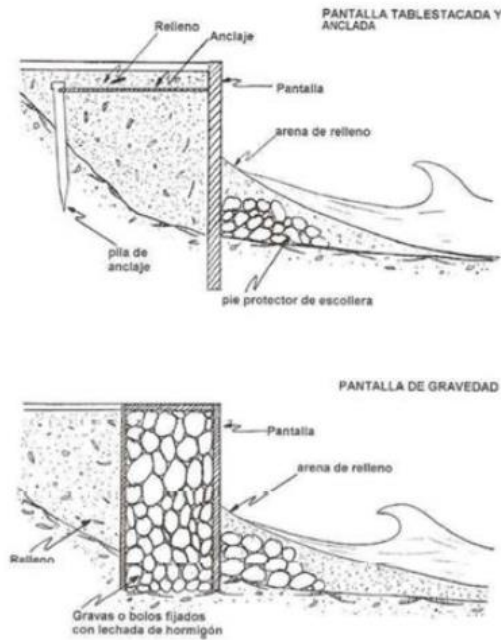


Ilustración 4. Representación de un muro 'bulkheads'.

- Diques resistentes 'seawalls', siendo estos más robustos que los anteriores, véase figura 5.

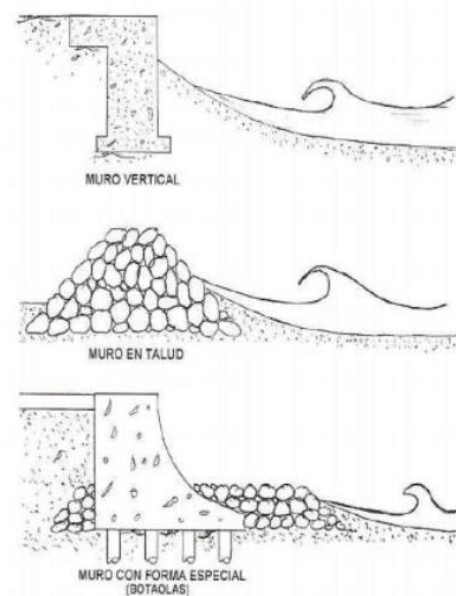


Ilustración 5. Representación de un dique 'seawalls'.

Referente al paramento, puede ser vertical o inclinado y suele tener cierta rugosidad para disipar la energía del oleaje, provocando la rotura de la ola sobre el muro.

Al mismo tiempo, hay que tener en cuenta el riesgo de socavación, que provoca el hundimiento o vuelco del muro a causa de los procesos erosivos que pueden dañar el cimiento.

4.1.2. Revestimientos

Se trata de paramentos inclinados de material resistente que sirven para dar una mayor capacidad resistente al terreno frente a acciones externas como puede ser la erosión.

Son provisionales y suelen permitir una rápida sujeción de la línea de costa. Se clasifican en rígidos y flexibles (escollera, gaviones...), véase figura 6.

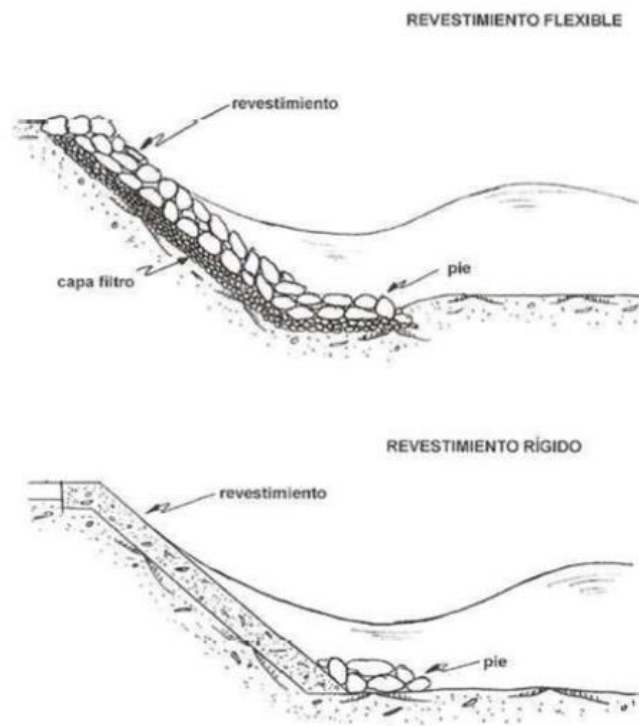


Ilustración 6. Representación de tipo de revestimientos.

Los revestimientos se componen de tres partes: cara de protección, filtro y protección de pie. Las capas están compuestas por escolleras de mayor y menor tamaño dependiendo de la función que vayan a cumplir.

Poseen un alto poder reflexivo igual que los muros y a largo plazo suelen ser ineficaces ya que no regeneran la costa ni detienen la erosión. Debido a esto, no son recomendables para zonas turísticas.

4.2. DEFENSAS TRANSVERSALES

4.2.1. Espigones

Anejo N.º 9: ESTUDIO DE SOLUCIONES

Los espigones son la tipología más empleada en la ingeniería de costas. Son estructuras generalmente perpendiculares a la línea de la playa que intentan estabilizar un tramo de costa e interceptan el material transportado por las corrientes. Crean una barrera al transporte sólido litoral de sedimentos, forzando la sedimentación de los materiales y generando playas apoyadas a barlomar del espigón y pequeñas playas abrigadas a sotamar. El principal problema de este tipo de actuación es que su efecto barrera, que produce la recesión de la playa a sotamar del espigón, véase figura 7, con lo que traslada el problema erosivo a otros tramos adyacentes de la costa.

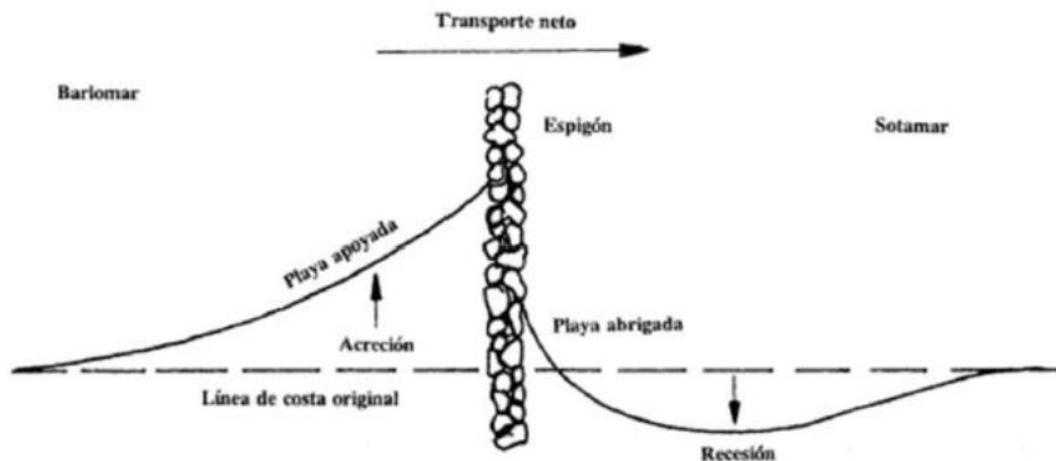


Ilustración 7. Transporte sólido de los espigones.

Se pueden hacer varias clasificaciones de este tipo de obra dependiendo de:

- Rebasabilidad (dependiendo de la altura)
- Permeabilidad (en función del material utilizado en el núcleo del espigón)
- Materiales de construcción (escollera, arena, piezas especiales de hormigón)
- Formas en planta (I, L, T, X...)
- Efecto barrera al transporte longitudinal (espigón largo o espigón corto)
- Sección transversal (en talud, en vertical)

4.3. DEFENSAS EXENTAS

Son defensas que se construyen paralelas a la línea de costa con el objetivo de modificar la dinámica litoral provocando difracción del oleaje y crear un hemitómbolo o un tómbolo. La tipología de obras exentas es muy variada: diques exentos, diques arrecifales, islas – plataforma, conos de difracción y praderas de algas artificiales

4.3.1. Diques exentos

Su objetivo es crear una zona de remanso, disminuyendo la energía del oleaje en su trasdós y generando un depósito de material sedimentario en la zona de aguas protegida.

Su finalidad es aumentar la longevidad de una playa, proporcionando una anchura suficiente para generar una superficie de recreo y permitir la protección de las tierras.

Aparte, los efectos negativos que produce, no son despreciables. Genera erosión a ambos lados de la línea del litoral y reduce el transporte sólido litoral, véase figura 8.

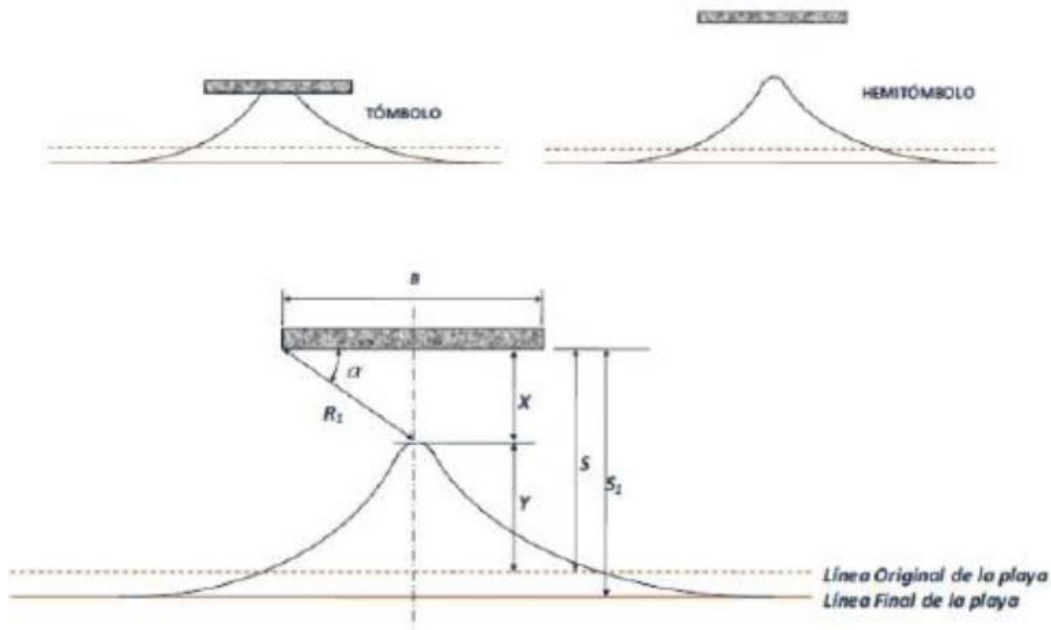


Ilustración 8. Esquema de los parámetros de un dique exento.

Se pueden construir sumergidos o emergidos, según si el impacto estético sea de mayor importancia o no. Al igual que los diques longitudinales se puede construir de forma individual o como un sistema de diques exentos.

4.3.2. Diques de pie

Hay playas que solo tiene rocas y que son bastante incómodas.

Si se llevara a cabo una alimentación artificial en una playa no estable, conllevaría la pérdida de las arenas vertidas en un periodo corto de plazo. Esto se puede solucionar con la construcción de estos diques para que las arenas depositadas con la alimentación artificial descansen o apoyen sobre este perfil y puedan quedar fijadas o confinadas en cierto grado.

4.3.3. Diques arrecifales

Actúan como pie de la playa. Son obras que se encuentran mar adentro frente a la costa y se desarrollan paralelos a ella con una cota de coronación muy baja respecto a la profundidad donde se sitúan, véase figura 9. Consiguen una disminución de la energía del oleaje, así como un mejor apoyo del perfil de la playa; actuando como pie de la playa; sujetando la arena que en periodos de temporal tendería a emigrar a mayores profundidades.

Otro objetivo de los diques arrecifales es la creación de áreas de repoblación marina y protección de los fondos marinos. Su vida útil se estima entre 30 y 50 años.

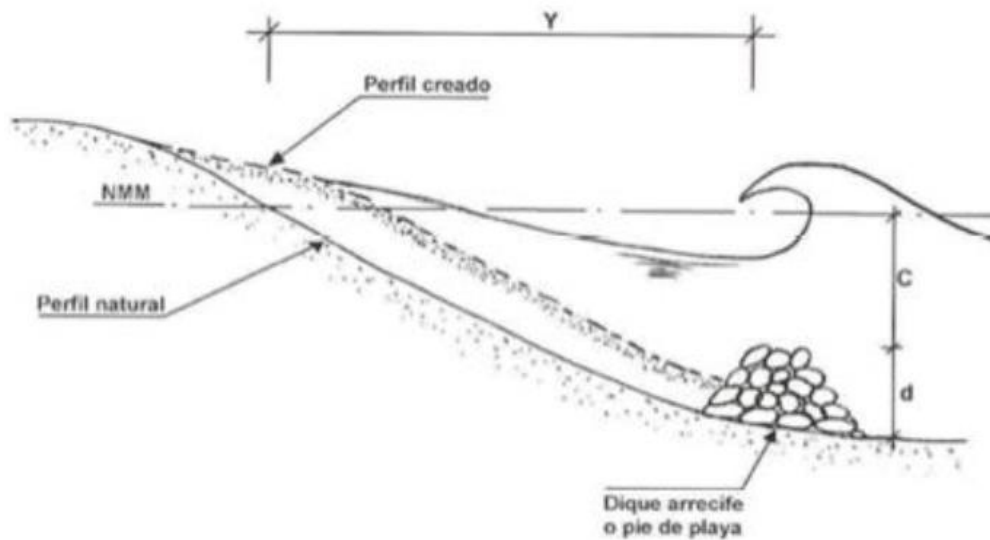


Ilustración 9. Esquema de un dique de pie.

4.3.4. Isla-plataforma

Consiste en una isla circular de escollera con una solera de hormigón, que disipa la energía creando hemitómbolos. Una de las ventajas es que se genera una superficie apta para usos diversos.

4.3.5. Conos de difracción

Son pequeños obstáculos cilíndricos o cónicos de hormigón ubicados a lo largo de la costa, que reducen la pérdida de energía del oleaje por metro lineal de costa por difracción. Son bastante efectivos cuando el oleaje es muy oblicuos o paralelos a la línea de costa.

4.4. REGENERACIÓN DUNAR

Las dunas constituyen la mayor parte de la zona emergida de las playas y son las zonas donde durante los grandes temporales, el mar toma la arena y los materiales que necesita para que el perfil transversal de la playa se adapte a estas condiciones de oleaje extremo.

La regeneración dunar se realiza en zonas donde el cordón dunar ha sido eliminado, total o parcialmente.

Existen dos métodos de regeneración dunar:

- Reconstrucción con captadores, véase figura 10, método que sustituye la función que, de forma natural, ejerce la vegetación en la formación de dunas.
- Reconstrucción con maquinaria



Ilustración 10. Ejemplo de regeneración dunar con captadores. Fuente: Google

Constituye un método de protección económico, durable, estético y con un impacto ambiental muy positivo.

La regeneración del cordón dunar se puede realizar mediante dos métodos diferentes: obstaculización del transporte eólico y construcción directa construcción del cordón dunar y su fijación por medio de vegetación.

4.5. ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL

La alimentación artificial es un método muy utilizado que puede actuar tanto en solitario como complementariamente a otro tipo de soluciones. Consiste en transportar y verter material sólido seleccionado previamente y proveniente de un origen que puede ser natural o artificial, véase figura 11.



Ilustración 11. Acopios de material que se utilizarán para una alimentación artificial. Fuente: Google

El aporte extra busca compensar la pérdida existente en la costa y estabilizarla, con el objetivo de volver al estado natural o inicial en que se encontraba, debido a un proceso de erosión o invasión.

En zonas donde existe un importante transporte longitudinal esta solución no resulta eficaz a largo plazo y puede ser necesario un seguimiento de la playa y de la evolución de su perfil para la planificación de posteriores alimentaciones. Por ello, en dichas zonas es recomendable complementar esta solución con obras de protección. Esta solución puede funcionar como reparación de emergencia en caso de temporal.

Consta de las siguientes fases principales:

- Localización de una fuente de materiales y selección de los medios de transporte y vertido.
- Vertido de la arena y creación de la playa.
- Recargas periódicas, aportando el volumen de arenas que se considere para mantener la playa activa.

Existen dos posibles fuentes de material de aporte: bancos de arenas proveniente de depósitos marinos, fluviales o terrestres, y/o artificial. La posibilidad de utilización de áridos de machaqueo, es menos ventajosa ya que los áridos formados presentan caras de fracturas y aristas, que conllevan molestias a los usuarios de la playa.

4.5.1. Trasvase de arenas

El trasvase o bypass Consiste en transferir sedimentos de la zona de acumulación de una barrera natural o artificial (barlomar) a la zona a sotamar donde se producirá un proceso erosivo de forma artificial. Se trata de una acción de compensación, véase figura 12.



Ilustración 12. Ejemplo de trasvase de arena de Norte a Sur. Fuente: Asignatura de Puertos y Costas

En caso de que no se produjera un aporte constante podría darse el caso de causar efectos negativos en la zona a barlomar y a pesar de atenuar los efectos negativos de la barrera, éstos se extenderían a las dos zonas. Otra manera de efectuar trasvases es mover el exceso de acumulación en el sentido contrario a la corriente de sedimentos devolviéndolos a las zonas de procedencia. De esta manera se alimentaría la zona de origen y se reduciría la erosión sin perjudicar la acción de la barrera.

Ambientalmente es una solución válida, ya que se altera lo mínimo el medio al no precisar de grandes obras y utilizar arenas que suelen ser las interceptadas por el obstáculo que impide el transporte litoral.

El trasvase de arenas puede realizarse vía marítima, terrestre mediante instalaciones fijas.

4.6. RETIRADA ESTRATÉGICA

Consiste en el desplazamiento de las instalaciones o infraestructuras, situadas junto a la línea de costa, a una nueva posición fuera del peligro, dejando que la dinámica litoral restablezca una situación de equilibrio. La eliminación de los elementos rígidos permite la recuperación de formas y procesos naturales. Su impacto económico es muy alto.

4.7. OTRAS METODOLOGIAS

4.7.1. Algares artificiales o arrecifes artificiales

Las praderas artificiales buscan crear ese obstáculo sumergido, disipan parte de la energía del oleaje incidente en la costa, reduciendo asimismo la capacidad de transporte litoral mediante algas artificiales de plásticos sujetas con tubos de nylon en dirección perpendicular a la dirección de la corriente.

Los arrecifes artificiales hacen una función parecida pero contruidos con piezas específicas.

4.7.2. Regeneración de pradera de posidonia

La disposición de las praderas de posidonia a modo de arrecifes o barreras paralelas a la costa, reduce y disipa considerablemente la incidencia de la energía de las olas sobre las zonas de playa, evitando la pérdida de arena al disminuir los procesos erosivos, *véase figura 13*.



Ilustración 13. Ejemplo de pradera de posidonia. Fuente: Google

Los restos de hojas de posidonia en la playa en primera línea de costa amortigua el impacto de las olas sobre la orilla, protege la playa de la erosión, controla la regresión y pérdida de arena de la playa.

4.7.3. Drenaje

Tiene como objetivo rebajar el nivel freático a lo largo de un tramo de costa creando una zona no saturada bajo el frente de playa. El descenso del nivel se realiza mediante la evacuación de agua a través de un sistema convencional de drenes, instalados paralelos a la línea de costa, a una profundidad de dos metros aproximadamente, véase figura 14.

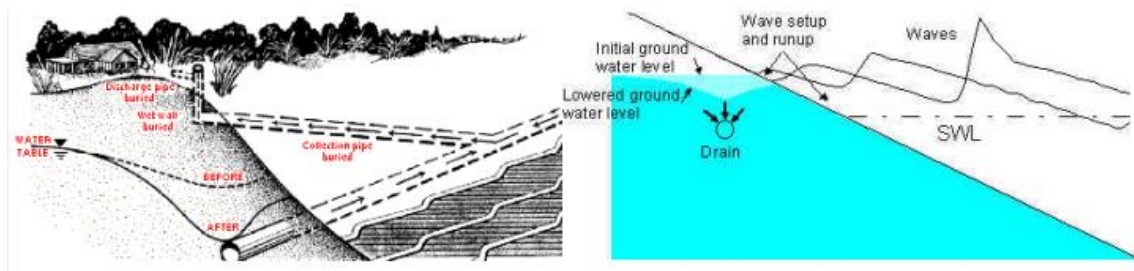


Ilustración 14. Esquema de drenaje. Fuente: Asignatura de Puertos y Costas

La zona no saturada producida por el drenaje induce la infiltración del agua de las olas incidentes, disminuyendo el flujo de retorno hacia el mar y reduciendo la presión hidráulica del substrato. Como consecuencia tendremos un proceso de acreción y de estabilización de la pendiente en el frente de playa.

La eficiencia del método depende, entre otros factores, de: permeabilidad adecuada del medio que permita una cierta tasa de drenaje, del clima de oleaje, amplitud de las mareas, pendiente del frente de playa, y de la deriva litoral.

5. SELECCIÓN PREVIA DE ALTERNATIVAS

Tras las distintas soluciones mencionadas anteriormente, se va a hacer un análisis crítico y objetivo de la viabilidad o no de las alternativas en el supuesto de ser aplicadas en el tramo objeto de estudio. Mediante este proceso, se realiza una criba de las intervenciones más favorables para luego obtener diferentes soluciones aplicables.

5.1. DEFENSAS LONGITUDINALES

5.1.1. MUROS Y REVESTIMIENTOS

El objetivo de este proyecto es evitar el rebase de las olas reflejadas por el actual dique longitudinal por lo que las obras de defensa como los muros y revestimientos, pueden permitir obtener la finalidad deseada. Estos dan solidez y seguridad a corto y medio plazo y en ellos se puede albergar un paseo apoyado como compensación del impacto visual.

Ya que actualmente existe un dique longitudinal en este tramo y solo tiene problemas en periodos de temporales, se puede sugerir el redimensionamiento de este para paliar los problemas. Un inconveniente que viene ligado a este tipo de solución es que conviene mantener una playa a su pie. Para ello hace falta alimentación periódica o estabilización con otro medio que se verá

en las alternativas sugeridas posteriormente. La erosión a sotamar que formaba parte de unos de los inconvenientes de esta obra, se ha estabilizado con la construcción reciente del espigón en "T" al Norte de este.

Con todo esto, es una opción que SE ACEPTA para el estudio de soluciones propuesto.

5.2. DEFENSAS TRANSVERSALES

Los espigones son obras que pueden ser válida para la regeneración o creación de playas donde exista un transporte litoral suficiente. Además, realizan una barrera al transporte sólido litoral, forzando la sedimentación de los materiales transportados, generando playas apoyadas a bar-lomar del espigón, y pequeñas playas abrigadas a sotamar.

Como este no es el caso, ya que en el tramo de estudio no se quiere generar ninguna playa apoyada, pues se descarta esta opción. Con esta práctica se generaría un bucle de espigones que terminaría con toda la costa restante hasta el puerto marítimo con una batería de espigones que causaría un gran impacto visual.

Con todo esto, es una opción que NO SE ACEPTA para incluirla en el estudio de alternativas.

5.3. DEFENSAS EXENTAS

5.3.1. Diques exentos

Es una de las alternativas constructivas más utilizadas en la protección de costas y regeneración con una alta eficacia. Es viable desde los puntos de vista estético, funcional y económico, pero como inconveniente puede causar erosiones en la zona de sotamar si el efecto barrera es considerable junto con un impacto ambiental fuerte que puede afectar a campos de posidonia.

Esta protección costera permite el paso de sedimentos, por lo que es una solución que por sí misma o complementando a otras podría ser solución a la problemática. Precisamente en este estudio de soluciones actuaría como una obra principal a la futura alimentación artificial que se explicara más adelante, disminuyendo así la energía de las ondas que llegan a la costa y eliminando los problemas de rebase que suceden en la actualidad.

Hay dos tipos de diques exentos; emergido y sumergido.

El dique sumergido posee un menor impacto estético y no posee diferencias económicas respecto al emergido.

Ambos retienen sedimentos, presentando de esta forma efectos similares sobre la costa. Una diferencia importante es que los diques emergidos y a nivel del mar protegen la costa de todo tipo de oleaje, los sumergidos solo lo harán con los que tengan una altura de ola igual o superior a 1.25 veces la profundidad a la que se encuentra la coronación de dicho dique.

En caso de fuertes, puede suponer una deficiencia en la eficacia. Dependiendo de lo que se quiera priorizar se puede elegir uno u otro.

Dicha opción SE ACEPTA ya que presenta múltiples ventajas y pocas desventajas a pesar de su alto coste.

5.3.2. Diques arrecifales y dique de pie

Los diques arrecifales presentan un comportamiento parecido a los diques exentos sumergidos, pero son menos efectivos en la retención de sedimentos y protección de la costa. Como inconveniente cabe que las veces que se ha probado, las piezas han fallado por vuelco.

Anejo N.º 9: ESTUDIO DE SOLUCIONES

Un aspecto muy favorable de este tipo de actuación es su reducido coste y su facilidad de aplicación.

Por lo que NO SE ACEPTA dicha opción ya que se desea resolver el problema de una forma segura.

Los diques de pie, tiene los mismos efectos que el arrecifal pero este tipo de diques no fallan por vuelco como los arrecifales pero esta opción NO SE ACEPTA.

5.3.4. Isla-plataforma y conos de difracción

El dique isla se ha probado en numerosas ocasiones y como su eficacia no ha sido la deseada, precisando de una obra complementaria para su funcionamiento, SE DESCARTA.

Son poco efectivos positivos que genera y para este proyecto no funcionarían correctamente. Además, no protegen a la costa por lo que NO SE ACEPTA esta opción para este estudio de soluciones.

5.4. REGENERACIÓN DUNAR

Esta opción no se puede llevar a cabo ya que la superficie de la playa de Altea es de grava. De esta forma queda SE DESCARTA esta opción.

5.5. ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL

Esta alternativa es una solución temporal al problema planteado ya que no frena la erosión. No obstante, dicha actuación debería ir acompañada de otra que la complemente puesto que una simple alimentación artificial, por normal general, al ser una solución temporal, si no se dispone de otras actuaciones que la contengan y la protejan del transporte sólido litoral, con el tiempo éstas acabarán siendo desplazadas a otras zonas. Por tanto, no vale solo con alimentar, es necesario disponer de mecanismos que frenen y dificulten estos procesos erosivos.

Desde el punto de vista del diseño, se ha de emplear material de aportación de tamaño y peso específico no inferior al existente cerca del lugar.

Ante la imposibilidad de disponer de canto rodado, si se contempla esta opción, se tendrá que como material de aportación de grava de machaqueo procedente de cantera.

Así pues, se ha de considerar que esta alternativa requiere un seguimiento, así como la realización de realimentaciones periódicas de la misma.

En resumen, es una alternativa viable desde los diferentes puntos de vista ya explicados, por lo que SE ACEPTA esta opción.

5.5.1. Traspase de arenas

Esta solución es no se contempla debido a que el traspase no sería de arenas y el espigón que se sitúa al Norte de la zona de estudio, no retiene los materiales ni afecta al transporte sólido litoral. Por lo que NO SE ACEPTA esta opción.

5.6. RETIRADA ESTRATÉGICA

Esta metodología consiste en la retirada de infraestructuras y equipamientos que puedan estar amenazadas por el oleaje, de manera que la dinámica litoral desarrolle una situación de equilibrio para que la línea de costa recupere su estabilidad. Es una solución drástica que no permite la vuelta atrás. Se debe contemplar siempre como última alternativa a ser posible y de alto coste económico pues lleva consigo el traslado de infraestructuras,

En este estudio de soluciones, considera este tipo de actuación como posible opción junto con una alimentación artificial generando otro tramo más de playa en el frete marítimo de Altea. Por lo que SE ACEPTA esta alternativa.

5.7. OTRAS METODOLOGÍAS

5.6.1. Algares artificiales o arrecifes artificiales

Se tiene poca experiencia en su aplicación y técnicamente es una solución interesante porque reduce la energía del oleaje y no produce impacto visual. Pero NO SE ACEPTA porque el coste que conlleva es muy elevado.

5.6.2. Regeneración de pradera de posidonia

Desde el punto de vista ambiental es altamente interesante, pero NO SE ACEPTA por el carácter a largo plazo y lento del proceso, además de caro desde el punto de vista económico.

5.6.3. Drenaje

Del mismo modo que el uso de algas artificiales, se descarta esta opción por la ineficacia suficiente de esta técnica para la protección frente a la erosión de la costa.

5.7. NO ACTUAR

Esta es una opción que siempre ha de tenerse en cuenta, por tanto, SI ACEPTA.

6. RESUMEN DEL ANÁLISIS DE SOLUCIONES

A continuación, se muestra una tabla donde se muestran las alternativas que serían viables para la protección frente a la erosión y rebase del tramo objeto de estudio:

Anejo N.º 9: ESTUDIO DE SOLUCIONES

TIPO DE OBRA	SOLUCIÓN		ACEPTACIÓN
ESTRUCTURALES	Dique longitudinal	Muro	SI
		Revestimiento	NO
		Malecón	NO
	Dique transversal		NO
	Obras exentas	Dique exento	SI
		Dique arrecifal	NO
		Dique isla	NO
		Dique de pie	NO
		Conos de difracción	NO
NO ESTRUCTURALES	Regeneración dunar		NO
	Alimentación artificial		SI
	Trasvase de arenas		NO
	Retirada		SI
	Otras metodologías	Algares o arrecifes artificiales	NO
		Regeneración de pradera de posidonia	NO
		Drenaje	NO
	No hacer nada		SI

7. CRITERIOS DE VALORACIÓN

A continuación, se van a definir los criterios con los que se van a valorar las alternativas que se plantearan a posteriori. Con el objetivo de seleccionar la alternativa óptima, se realizará un análisis multicriterio, teniéndose en cuenta factores objetivos, con lo que cada criterio tendrá un peso diferente en función de su importancia y se valorará en una escala de 0 a 10. Los criterios son los siguientes y presentarán la siguiente influencia, véase *tabla 1*:

Criterio	Valor
Funcional	35%
Económico	20%
Ambiental	20%
Estético	25%

Tabla 1. Criterios de valoración. Fuente: Propia

Tras el establecimiento del peso de cada criterio, las diferentes alternativas se calcularán mediante la siguiente expresión:

$$V. F. = 0.35 \times C. Func + 0.2 \times C. Econ + 0.20 \times C. Med + 0.25 \times C. Est$$

7.1. DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS DE VALORACIÓN

- **Criterio funcional:** tiene como objetivo analizar la efectividad y la eficacia con la que resuelve la problemática existente, véase *tabla 2*.

Anejo N.º 9: ESTUDIO DE SOLUCIONES

CRITERIO FUNCIONAL	
VALORACIÓN	DEFINICIÓN
10	Solución óptima
6	Solución buena
3	Solución parcial al problema
0	No resuelve la problemática

Tabla 2. Definición de la puntuación para el criterio funcional. Fuente: Propia

- **Criterio económico:** tiene en cuenta no solo el coste que supone la construcción de cada alternativa, sino también el coste que conlleva el mantenimiento o la reparación, véase tabla 3.

CRITERIO ECONÓMICO	
VALORACIÓN	DEFINICIÓN
10	Requiere una mínima inversión
6	Requiere poca inversión
3	Requiere una inversión elevada
0	Requiere una inversión excesiva

Tabla 3. Definición de la puntuación para el criterio económico. Fuente: Propia

- **Criterio ambiental:** se valorará el grado de agresión que ejerce en el medio cada alternativa propuesta tanto en la fase de construcción como en el periodo de su vida útil. Este criterio es subjetivo, véase tabla 4.

CRITERIO AMBIENTAL	
VALORACIÓN	DEFINICIÓN
10	muy poco impacto
6	poco impacto
3	alto impacto
0	inadmisible

Tabla 4. Definición de la puntuación para el criterio ambiental. Fuente: Propia

- **Criterio estético:** se valorará el impacto visual de los elementos que introduzcamos en el paisaje en cuanto a las diferentes alternativas. Este criterio es subjetivo, véase tabla 5.

CRITERIO ESTÉTICO	
VALORACIÓN	DEFINICIÓN
10	Muy agradable
5	Indiferente
0	Desagradable

Tabla 5. Definición de la puntuación para el criterio estético. Fuente: Propia

Cuando se haya finalizado la valoración de los cuatro criterios para cada alternativa y se hayan multiplicado por sus ponderaciones, se obtendrá un valor final para cada alternativa que se clasificara según este criterio. Siendo 10 la valoración óptima, véase *tabla 6*:

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

Tabla 6. Intervalos de valoración para la clasificación de las diferentes alternativas. Fuente: Propia

8. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS VIABLES

En este apartado se pretende seleccionar de una forma objetiva la solución óptima a la problemática que se presenta en la zona de estudio. Por lo que, se descartan algunas de ellas mencionadas anteriormente o se combinan para ofrecer mejor solución y valorándose en función de los 4 criterios nombrados en el apartado 7. En ningún momento se presenta como una herramienta de descripción detallada ni constructiva, sino como una herramienta de selección objetiva de la solución óptima a la problemática que se nos presenta en el tramo de estudio.

De manera que, tras una primera preselección, se presentan las siguientes alternativas:

- Alternativa 0: No actuación.
- Alternativa 1: Defensa longitudinal más alta con escollera + Alimentación Artificial
- Alternativa 2: Defensa longitudinal actual + Muro espaldón + Alimentación Artificial
- Alternativa 3: Prolongación del dique exento y Espigón en "T" + Retirada defensa + Alimentación Artificial
- Alternativa 4: Nuevo dique exento + retirada defensa + Alimentación Artificial

Una vez planteadas las alternativas y los criterios que las valorarán, se realizará el análisis objeto de estudio.

8.1. ALTERNATIVA 0: NO ACTUACIÓN

Esta alternativa consiste en no realizar ninguna actuación sobre la zona, dejando la protección costera con sus características actual, estado actual y con la continuación de los procesos erosivos, véase *figura 15*. Esta alternativa siempre hay que tenerla en cuenta, pero no es una solución adecuada ya que no realiza ninguna mejora en la zona de actuación.



Ilustración 15. Estado actual de la zona de estudio. Fuente: Propia

Anejo N.º 9: ESTUDIO DE SOLUCIONES

La valoración que damos a la Alternativa 0 según los criterios definidos anteriormente es:

- Criterio Funcional: No resuelve la problemática. Valoración 0.
- Criterio Económico: La inversión es prácticamente nula, poca inversión, pero el desbordamiento que sufre en cada temporal implica que se tenga que actuar cada vez realizando trabajos de mantenimiento y reparación. Valoración 6.
- Criterio Ambiental: Poco impacto ambiental. Cada vez que haya temporal, por la falta de una obra que reduzca la fuerza del oleaje y consiga la reflexión. Por lo que poco hábitat marino puede vivir normalmente en esa defensa. Valoración 6.
- Criterio Estético: Indiferente. El tramo de estudio junto con el tramo de playa a sotamar está en recesión por lo que la no actuación supondría un escenario desagradable. Valoración 0.

ALTERNATIVA 0					
CRITERIO	FUNCIONAL	ECONÓMICO	AMBIENTAL	ESTÉTICO	V.F
PESO	35	20	20	25	100
VALORACIÓN	0	6	6	0	-
VAL.PONDERADA	0	1,2	1,2	0	2,4

8.2. ALTERNATIVA 1: DEFENSA LONGITUDINAL MÁS ALTA CON ESCOLLERA + ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL

Esta alternativa se propone ya que uno de los problemas que origina la defensa actual es el rebase que ocurre en épocas de temporal a causa del poder reflexivo que tiene este. Ya que la defensa tiene un trasdós utilizado como paseo marítimo y además en las inmediaciones existe un parking que se inunda, se propone levantar la cota de coronación de la defensa longitudinal en talud. Si se incrementa la cota, el rebase será menor, solucionando este problema, pero no definitivamente ya que esta solución es temporal. También se tendría que estudiar la erosión a pie de defensa que se ha originado hasta la actualidad y determinar si es estable o no para un cierto periodo de vida útil o si es viable realizar una alimentación artificial, lo cual no lo sería ya que la playa se erosionaría rápidamente debido a la defensa que alberga en su trasdós.

En la figura 16, se puede ver una sección tipo aproximada de la defensa que existe actualmente. Lo que se quiere modificar es la altura de que existe entre el paseo alojado en el trasdós de ella y la coronación de la defensa, que en estos momentos esta entrono a 1,40 metros. Con esto, se solucionaría temporalmente el rebase y con ello la inundación que genera en época de temporales.

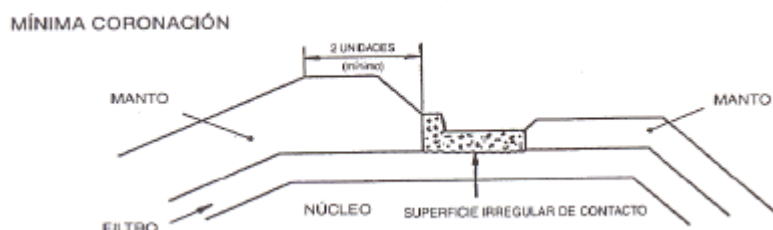


Ilustración 16. Sección tipo de defensa actual con incremento cota de coronación.
Fuente: Apuntes de Obras Marítimas

La valoración que damos a la Alternativa 1 según los criterios definidos anteriormente es:

- Criterio Funcional: Resuelve el problema, pero no definitivamente ya que es una solución temporal y aunque se eleve la cota de coronación podría haber problemas de socavación a pie de dique e inestabilidad. Valoración 4.
- Criterio Económico: La inversión que se realizaría sería poca ya que solo se tendrían que aportar cierto número de escollera para incrementar dicha cota. Valoración 6.
- Criterio Ambiental: Poco impacto ambiental. Aunque la fuerte reflexión de esta defensa hace que en las inmediaciones de esta no haya mucho hábitat marino. Valoración 5.
- Criterio Estético: Indiferente. El tramo de estudio supondría un impacto visual poco agradable ya que poco se podría disfrutar de las vistas si se está caminando por el paseo de su trasdós. Al igual que la erosión que se está generando en la playa a sotamar de este, que cada vez se erosiona más y no se puede hacer uso de ella. Valoración 3.

ALTERNATIVA 1					
CRITERIO	FUNCIONAL	ECONÓMICO	AMBIENTAL	ESTÉTICO	V.F
PESO	35	20	20	25	100
VALORACIÓN	4	6	5	3	-
VAL.PONDERADA	1,4	1,2	1	0,75	4,35

8.3. ALTERNATIVA 2: DEFENSA LONGITUDINAL ACTUAL + MURO ESPALDÓN + ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL

Al igual que en la alternativa 1, esta solución surge de la idea de aprovechar la defensa longitudinal existente y añadir un muro que actuara como espaldón del dique y que incrementara así la altura de coronación solucionando el problema del caudal rebasado o incluso el no rebase. Pero al igual que en la alternativa anteriormente expuesta, es una solución temporal ya que esta defensa es una obra dura y tiene alto poder reflexivo. Igual que la alternativa 1, se estudiaría si fuera viable realizar una alimentación artificial, lo cual no lo sería ya que la playa se erosionaría rápidamente debido a la defensa que alberga en su trasdós.

En la figura 17, se plasma la idea que se quiere llegar con esta alternativa, con la posición de la defensa en la misma posición que en la alternativa 0.

CORONACIÓN CONVENCIONAL

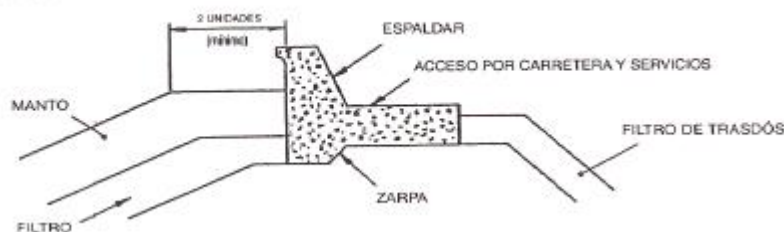


Ilustración 17. Sección tipo de la defensa longitudinal más un muro espaldón para el control del rebase.
Fuente: Apuntes de Obras Marítimas

La valoración que damos a la Alternativa 2 según los criterios definidos anteriormente es:

- Criterio Funcional: Resuelve en problema, pero no definitivamente ya que es una solución temporal y aunque se eleve la cota de coronación podría haber problemas de socavación a pie de dique e inestabilidad. Valoración 4.
- Criterio Económico: Requiere una inversión elevada ya que se tendría que realizar un espaldón eliminando la losa que actúa de paseo y hacer una cimentación adecuada para que soporte los oleajes extremos y los rebases. Valoración 4.
- Criterio Ambiental: Bastante impacto ambiental. En los temporales habrá bastante agitación del oleaje lo que no favorece la flora ni la fauna marina. Valoración 5.
- Criterio Estético: Bastante desagradable ya que supone un obstáculo visual bastante grande para el paseo marítimo que tanto turista alberga en época estival. Valoración 1.

ALTERNATIVA 2					
CRITERIO	FUNCIONAL	ECONÓMICO	AMBIENTAL	ESTÉTICO	V.F
PESO	35	20	20	25	100
VALORACIÓN	4	4	5	1	-
VAL.PONDERADA	1,4	0,8	1	0,25	3,45

8.4. ALTERNATIVA 3: PROLONGACIÓN DEL DIQUE EXENTO Y ESPIGÓN EN "T" + RETIRADA DEFENSA + ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL

En esta alternativa se propone eliminar la defensa longitudinal existente la cual genera problemas de reflexión del oleaje y prolongar la longitud del dique exento y del espigón en T construido recientemente. Esto último se verá con mayor detalle en el Anejo 10 de Cálculos justificativos ya que a priori, no se puede afirmar que medida será la mejor para el frente litoral que se va a crear, si prolongar el dique exento, prolongar el Espigón en "T"; el brazo Sur de éste, que es el que intervendría en la protección frente al oleaje de la nueva línea de costa; o ambos. El objetivo de esta alternativa es realizar una alimentación artificial creando una playa que eliminara el problema de la reflexión de oleaje y la inundación del parking. Con lo que los diques exentos generarán un área abrigada con la que reducirán la energía del oleaje sobre la playa.

A la hora de proyectar la alimentación artificial de una playa se deben considerar una serie de parámetros. Los parámetros de proyecto más importantes a tener en cuenta en caso de una actuación de este tipo son:

- Anchura de la playa seca.

- Longitud de la playa a alimentar.
- Planta de la playa.
- Perfil de diseño.
- Tipo de material de aportación

Referente a la anchura de la playa a construir, costas recomienda la anchura mínima de la playa en función de si el trasdós es rígido (55 m) o con formas naturales (40-45 m). En este caso, el trasdós está rigidizado, por tanto, la anchura mínima de la playa será de 50 m. Esta actuación implica el avance de la línea de costa mar adentro dicha distancia, si la forma de la playa y la batimetría lo hacen posible. Si se aplica dicha anchura de playa seca, la línea de costa llegará hasta la isobata 2 metros de profundidad en el caso más desfavorable.

Además, si nos fijamos en la anchura de playa colindantes a este tramo, se puede ver que la anchura media de ellas es de unos 50 metros, por lo que se aplicará estas mismas medidas a la playa seca.

Una vez definida la anchura de la playa y la forma en planta de la misma, el volumen de grava requerido para efectuar la alimentación viene determinado por el perfil transversal que los sedimentos adquieran tras su colocación, lo cual evidencia la importancia fundamental del perfil de la nueva playa.

Una vez expuesto los parámetros de proyecto de la alimentación artificial, se muestra en la *figura 18* la ingeniería de costa que se quiere llevar a cabo en esta alternativa.

Anejo N.º 9: ESTUDIO DE SOLUCIONES



Ilustración 18. Prolongación del dique exento y del espigón más retirada protección más alimentación artificial.

Fuente: Propia

Anejo N.º 9: ESTUDIO DE SOLUCIONES

La valoración que damos a la Alternativa 3 según los criterios definidos anteriormente es:

-Criterio Funcional: Resuelve el problema y además la alimentación artificial que genera la playa está protegida por los dos diques. Incluso puede servir de atracción turística de buceo al no estar muy lejano a la costa. Valoración 9,5.

-Criterio Económico: Requiere poca inversión ya que se va a intentar reutilizar las escolleras de la protección longitudinal desmantelada y la alimentación artificial también se intentará buscar si hay algún banco de depósitos sedimentarios que encajen con el tamaño de árido que se necesita. Valoración 5,5.

-Criterio Ambiental: Muy poco impacto ambiental ya que los diques pueden albergar peces, crustáceos y es muy favorable para ellos. Valoración 5.

-Criterio Estético: Al ser una prolongación de los ya existentes, no habría mayor impacto visual que el que ya hay, con lo que no modifica bruscamente el paisaje. La playa juega un papel muy importante a la vez que favorable para esta alternativa. Valoración 10.

ALTERNATIVA 3					
CRITERIO	FUNCIONAL	ECONÓMICO	AMBIENTAL	ESTÉTICO	V.F
PESO	35	20	20	25	100
VALORACIÓN	9,5	5,5	9	10	-
VAL.PONDERADA	3,325	1,1	1,8	2,5	8,725

8.5. ALTERNATIVA 4: NUEVO DIQUE EXENTO + RETIRADA DEFENSA + ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL

En esta alternativa se propone eliminar la defensa longitudinal existente al igual que en la alternativa 3, la cual genera problemas de reflexión del oleaje, pero con la diferencia de construir un nuevo dique exento entre las obras de protección existente. El objetivo de esta alternativa es realizar una alimentación artificial creando una playa que eliminara el problema de la reflexión de oleaje y la inundación del parking. Los diques exentos generarán un área abrigada con la que reducirán la energía del oleaje sobre la playa por lo que se estudiarán a continuación cual es la alternativa más óptima funcionalmente y de menor impacto visual, véase figura 19.

Los parámetros de proyecto que se deben tener en cuenta a la hora de proyectar un dique exento son los siguientes:

- Localización y separación entre morros de diques.
- Forma en planta.
- Sección transversal.
- Cota de coronación y pie de dique.
- Tipo de fondos.
- Permeabilidad.

Puesto que la longitud de la zona a proteger no es excesivamente amplia, la longitud del dique será lo más corta posible ya que se necesita una separación mínima entre dique exentos. Esto se limita ya que puede generarse acumulación de sedimentos y bloquear el libre transporte sólido litoral. En lo que, a la orientación del dique, este será paralelo a la costa y de igual orientación que los existentes. Respecto a la distancia a la costa, sería de unos 150 metro hasta el actual muro del paseo, ya que estará más o menos a la misma profundidad que los existentes de unos 4 metros, pero esto se demostrará posteriormente con un estudio de generación del oleaje hacia la costa.

Anejo N.º 9: ESTUDIO DE SOLUCIONES

En lo referente a la sección, se opta por una sección en talud y se desarrollara con mayor detalle, en caso de resultar esta la alternativa óptima.

La cota de coronación será una cota muy similar al nivel del mar para una óptima funcionalidad y poco impacto visual.

Se opta por plantear esta alternativa ya que el dique exento colaborará en impedir la fuga de los sedimentos de aportación tras los temporales, y contribuya a la recuperación de este material por la reducción de la energía del oleaje que provoca. De esta manera, se consigue un incremento durable de playa seca y un apoyo para la alimentación artificial.

La valoración que damos a la Alternativa 4 según los criterios definidos anteriormente es:

-Criterio Funcional: Resuelve el problema y además la alimentación artificial que genera la playa está protegida por los dos diques. Incluso puede servir de atracción turística de buceo al no estar muy lejano a la costa. Valoración 9.5.

-Criterio Económico: Requiere una gran inversión por el volumen de material a utilizar y por los medios de construcción que se emplearan ya sean por vía terrestre o marítima. Se intentará reutilizar las escolleras de la protección longitudinal desmantelada y la alimentación artificial también se intentará buscar si ha y algún banco de depósitos sedimentarios que encajen con el tamaño de árido que se necesita. Valoración 4.

-Criterio Ambiental: Elevado impacto ambiental ya que la construcción del dique exento removerá el fondo marino y puede destruir algún hábitat de flora o fauna. Valoración 5.

-Criterio Estético: Al ser de tipología sumergido, no modifica bruscamente el paisaje, a la vez que sirve de sustento a la playa generada. La playa juega un papel muy importante a la vez que favorable para esta alternativa. Valoración 10.

ALTERNATIVA 4					
CRITERIO	FUNCIONAL	ECONÓMICO	AMBIENTAL	ESTÉTICO	V.F
PESO	35	20	20	25	100
VALORACIÓN	9,5	4	5	10	-
VAL.PONDERADA	3,325	0,8	1	2,5	7,625

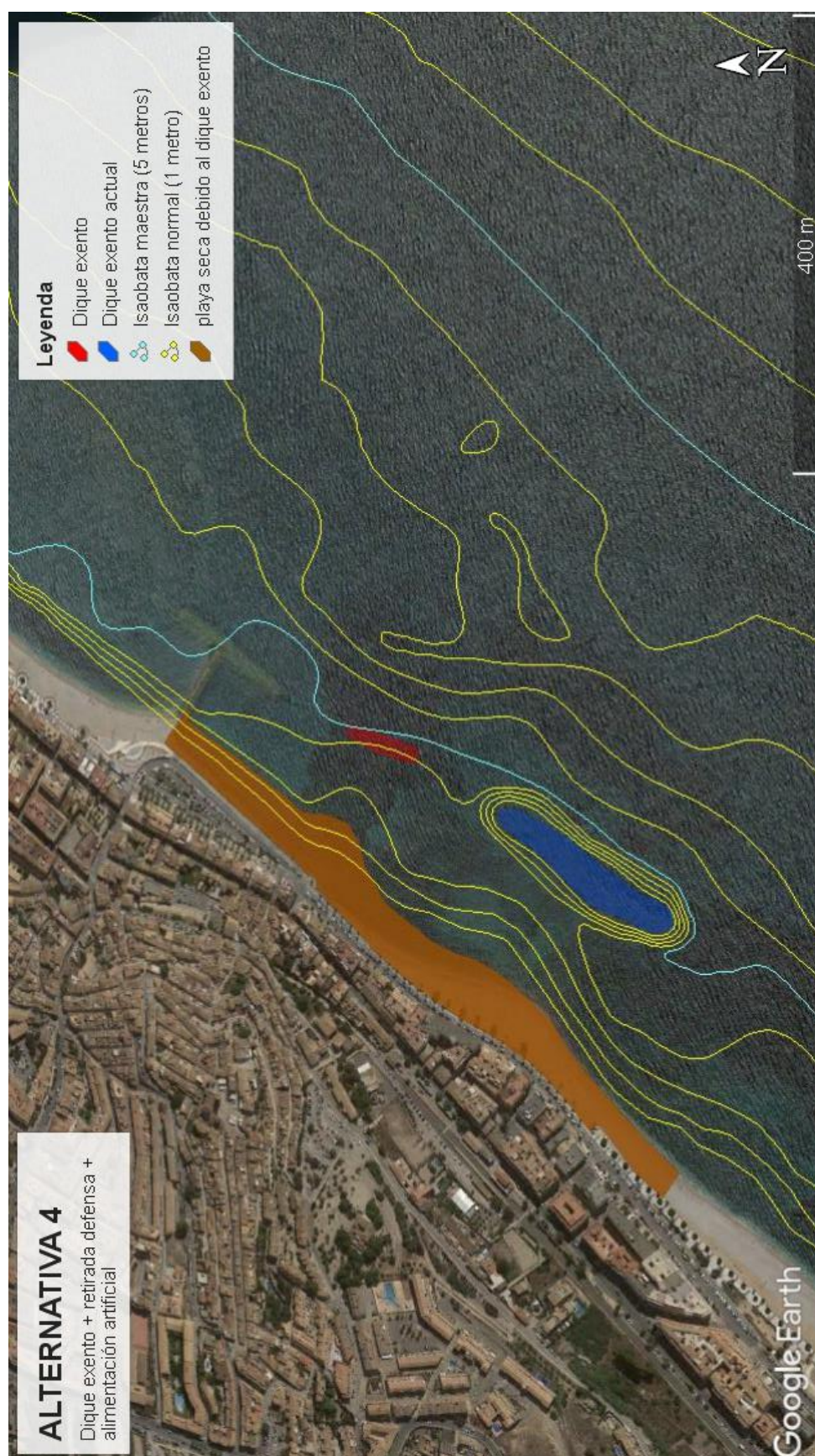


Ilustración 19. Nuevo dique exento más retirada protección más alimentación artificial. Fuente: Propia

9. SOLUCIÓN ÓPTIMA

Una vez analizadas las distintas alternativas con el análisis multicriterio, las puntuaciones sobre las distintas alternativas planteadas con las siguientes:

	C. Fun (35%)	C. Econ (20%)	C. Amb (20%)	C. Est (25%)	V.F
Alternativa 0	0	6	6	0	2,4
Alternativa 1	4	6	5	3	4,35
Alternativa 2	4	4	5	1	3,45
Alternativa 3	9,5	5,5	9	10	8,725
Alternativa 4	9,5	4	5	10	7,625

Como se puede apreciar en la tabla, la solución óptima al ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA PROTECCIÓN DEL PASEO DEL MEDITERRÁNEO Y CALLE SANT PERE (ALTEA, ALICANTE) es la alternativa 3, que propone prolongar el dique exento y el espigón en "T" + retirada protección + alimentación artificial. En el siguiente anejo se estudiará y calculará cuál de los dos se tiene que prolongar, o si fuera necesario, los dos a la vez.