

ANEJO Nº7 – ESTUDIO DE SOLUCIONES

Índice

1.	Introducción.	139
1.1.	Definición del problema.	139
1.2.	Metodología de estudio.	139
2.	Descripción de los distintos métodos de protección y regeneración costera.	141
2.1.	Defensas longitudinales.	142
2.2.	Obras transversales. Espigones.	143
2.3.	Defensas exentas.	144
2.4.	Alimentación artificial de áridos.	145
2.5.	Regeneración dunar.	146
2.6.	Otros métodos de protección costera.	147
2.7.	Resumen de soluciones generales.	148
2.7.1.	Defensas longitudinales.	148
2.7.2.	Defensas transversales. Espigones.	149
2.7.3.	Defensas exentas.	150
2.7.4.	Arrecifes artificiales.	151
2.7.5.	Alimentación artificial.	151
2.7.6.	Retirada estratégica.	152
3.	Soluciones aplicables a la playa de Serragrossa.	153
3.1.	Defensas longitudinales.	153
3.2.	Obras transversales. Espigones.	153
3.3.	Defensas exentas.	154
3.4.	Alimentación artificial de áridos.	155
3.5.	Otros métodos.	155
3.6.	Conclusiones. Soluciones aplicables a la playa de Serragrossa.	156
4.	Estudio de las alternativas viables.	157
4.1.	Alternativas y criterios de valoración.	157
4.2.	Alternativa 1. Campo de espigones.	158
4.3.	Alternativa 2. Diques exentos sumergidos.	159
4.4.	Alternativa 3. Alimentación artificial.	161
4.5.	Alternativa 4. Espigón de control y alimentación artificial.	162
4.6.	Alternativa 5. Diques exentos sumergidos y alimentación artificial.	164
4.7.	Alternativa 6. No actuación.	165
4.8.	Resumen de las valoraciones y propuestas de alternativas.	166

5.	Análisis exhaustivo de la solución.	167
5.1.	Diques exentos.	167
5.2.	Alimentación artificial.	168
5.3.	Espigón de control.	168
5.4.	Solución conjunta. Diques exentos, alimentación artificial y espigón de control.	169
6.	Conclusión.	171

1. Introducción.

En el presente anejo se estudiarán las distintas posibilidades que tenemos para regenerar, adecuar y defender la playa de Serragrossa. Por ello, se recopilarán y explicarán las soluciones técnicas que se han ido ejecutando tradicionalmente dentro de la Ingeniería de Costas.

Expuestas las posibilidades de actuación, habrá que realizar un análisis pormenorizando de todas ellas para poder escoger la más adecuada partiendo de unos criterios que también se deberán definir. Hay que hacer notar, a su vez, que los aspectos estudiados en los anejos anteriores se plantean fundamentales para conocer el entorno físico como condicionante a la hora del estudio.

Todo esto ha de realizarse teniendo en cuenta que las playas son un elemento Característico de la Comunidad Valenciana que junto al benévolo clima de la región componen un valioso reclamo turístico tanto para visitante extranjeros como nacionales. En ese sentido, son el eje principal de una importante fuente de ingresos y constituyen la pieza más importante del sector turístico valenciano.

En conclusión, en este anejo se va a decir qué hacer con la playa y por qué. Posteriormente, en otros anejos se terminará por definir la actuación como una realidad física.

1.1. Definición del problema.

La playa de Serragrossa se encuentra situada entre la playa del Postiguet y la playa de la Albufereta.

La playa tiene una longitud de aproximadamente 500 metros y un ancho que varía entre los 5 y 20 metros, dependiendo si estamos cerca de un espigón o en la zona media de entre dos espigones. Este ancho está muy por debajo respecto de los estándares recomendados (55 metros en playas urbanizadas). Esta playa sufrió una erosión absoluta ya que actualmente carece de arena en la playa seca tan solo encontrándola en la playa sumergida.

La causa de esta erosión tan agresiva es debida principalmente a la fuerte antropización que ha sufrido este lugar a partir de los años 70, y a la construcción de una serie de espigones para proteger este nuevo asentamiento. Estos espigones han tenido un mantenimiento y cuidado escaso lo que ha propiciado que el lugar este en unas condiciones que hacen imposible la regeneración de la playa que en su día hubo sin una aguda intervención en la modificación y adecuación de estas estructuras.

También sabemos que la cantidad de aportes sedimentarios se ha ido reducción debido a la cada vez mayor modificación e intervención en cauces de ríos así como la también creciente cantidad de obras marítimas que suponen una barrera al transporte del sólido litoral.

1.2. Metodología de estudio.

El proceso o metodología para obtener la solución óptima consta de cinco fases, que coinciden aproximadamente con los siguientes apartados de este Estudio de Soluciones, y que se describen a continuación.

En primer lugar se realiza una exposición teórica de los métodos disponibles para la protección y regeneración de costas. En segundo lugar, se analizará cualitativamente la aplicabilidad de cada método en la playa de Serragrossa. En tercer lugar, de entre aquellos aplicables se constituirán las alternativas de solución y se realizará una valoración desde una ponderación basada en el análisis multicriterio. A continuación, se hace una exposición detallada de las dos o tres alternativas más viables. Y finalmente, se discuten cualitativamente y se comparan entre ellas las alternativas anteriores con el fin de seleccionar la alternativa óptima.

2. Descripción de los distintos métodos de protección y regeneración costera.

En primer lugar cabe realizar una matización respecto a los términos protección y regeneración. Mientras que en el término protección hace referencia a defender o amparar un tramo de costa de los efectos de la erosión sin pretender reconstruirla, cuando hablamos de regeneración, nos referimos a restablecer o mejorar las condiciones de un tramo de costa.

Así pues podemos clasificar las defensas costeras desde dos puntos de vista distintos, atendiendo en primer lugar a los elementos o estructuras a emplear en la protección, y en segundo lugar al grado de afección que estas protecciones provocan sobre la costa.

Según el primer criterio descrito, encontramos la siguiente clasificación:

- Defensas longitudinales.
- Defensas transversales.
- Defensas exentas.
- Alimentaciones artificiales.
- Otras actuaciones: retirada estratégica, by-passing, algas artificiales, regeneración de praderas de posidonias, barreras neumáticas o hidráulicas, elementos flotantes, tubos drenantes, etc.

Según el segundo criterio podemos clasificar en:

- Obras duras:
 - Defensas transversales.
 - Defensas longitudinales.
 - Defensas exentas.
- Obras blandas:
 - Alimentaciones artificiales.
 - Dunas.

Hay que decir que esta segunda clasificación tiene un carácter más subjetivo y puede prestar a confusión, pudiendo realizarse matizaciones como incluir las defensas exentas dentro del grupo de las obras blandas, o soluciones mixtas de obras duras y blandas.

Normalmente las actuaciones de defensa de la costa estarán compuestas por combinación de distintos tipos de obras, aunque no siempre tiene porque darse esta solución como la óptima.

Pasaremos ya a describir los distintos tipos de defensas desde el punto de vista referente a los elementos o estructuras a emplear, indicando en cada caso si se considera como obra dura o como obra blanda.

2.1. Defensas longitudinales.

Se entiende por obra longitudinal aquella cuya traza se extiende de forma longitudinal a lo largo de la línea de costa. Estos sistemas de defensa tienen como finalidad principal proteger la parte superior de las playas y los terrenos posteriores, intentando detener la recesión de la línea de costa, generalmente por medio de escolleras.

Este tipo de actuación hoy en día está prácticamente desechada ya que prosigue en muchos casos el retroceso de la línea de costa y la erosión se extiende por la playa sumergida, proceso que puede poner en peligro la estabilidad de la propia defensa llegando en ocasiones a arruinarla permitiendo que la acción erosiva siga tierra adentro.

Este sistema actualmente, está centrado en aquellos tramos costeros donde no hay un uso turístico-recreativo actual o previsible, por su impacto visual negativo sobre la línea de costa, así como por el hecho de no permitir el disfrute de la franja de playa.

Dentro de este grupo encontramos los muros, malecones y revestimientos. Todos ellos susceptibles de ser clasificados como obras duras. Pero se enmarcan también un tipo de defensa longitudinal clasificable como obra blanda, y es el caso de los cordones dunares que explicaremos posteriormente.

Los muros y malecones tratan de proteger y contener los terrenos posteriores frente a la acción erosiva del oleaje o las corrientes. En los lugares expuestos, las obras de contención no aseguran una protección a largo plazo, pues se requiere un muro de mayor entidad a medida que la playa continúa su retroceso y crece el tamaño de las olas. A menos que se combine con otro tipo de protección, la obra de contención debe recrearse para constituir un rompeolas masivo capaz de resistir el ataque directo del oleaje.

El poder reflexivo de estas obras es su característica básica, pudiéndose clasificar en reflejantes y no reflejantes. El grado de rugosidad de la superficie exterior y su geometría influyen en el poder reflejante. Es ideal buscar que la reflexión sea mínima.

Existen numerosos tipos de muros dependiendo de la función que desempeñan, la forma, o los materiales utilizados. Los muros propiamente dichos (seawalls) se utilizan en áreas expuestas a la acción del oleaje, mientras que las pantallas (bunkheads) se emplean en zonas abrigadas o interiores. Los materiales más comúnmente utilizados en los muros son el hormigón, la escollera y los gaviones, mientras que en las pantallas los usados normalmente son las tablestacas y las planchas de hormigón. Según sea el material empleado los muros pueden ser permeables o impermeables.

El paramento exterior de los muros puede ser vertical o inclinado, y con formas accesorias como botaolas, oquedades o gradas. Pueden tener un paramento constituido por un manto en talud de escollera o de piezas de hormigón, como cubos, tetrapodos o dolos, para disipar la energía del oleaje por medio de la rotura de las olas sobre el propio talud.

Si el muro tiene un alto coeficiente de reflexión, lo que ocurre principalmente en los de paramento vertical, se produce la superposición de las olas incidentes con las reflejadas, dando lugar a socavaciones en zonas contiguas a la obra, creándose un problema de erosión local, al arrastrar la fuerza del agua repelida hacia atrás la arena o cualquier otro material erosionable. Por ello, con frecuencia se necesita colocar una berma de protección o pie de escollera para impedir un socavamiento excesivo y el descalce del mismo.

Los revestimientos son paramentos inclinados de material resistente contruidos para proteger la zona superior de una playa y para evitar la recesión de la costa. Generalmente se componen de una o varias capas de cantos, de hormigón o de productos bituminosos. Esta protección en talud disipa la energía del oleaje con menor efecto nocivo sobre la playa que el acusado por las olas que chocan sobre los muros verticales.

Están compuestos, básicamente, por cara de protección, filtro y protección de pie. A largo plazo suelen ser ineficientes y acaban por hundirse, al provocar un aumento de las pendientes. Pueden clasificarse en rígidos y flexibles. El revestimiento de tipo flexible puede tolerar consolidaciones o movimientos diferenciales sin pérdida de su solidez, además de ser capaz de absorber las subpresiones hidrostáticas generadas por la acción del oleaje.

2.2. Obras transversales. Espigones.

Es la técnica más utilizada en la ingeniería de costas. La defensa transversal por antonomasia es el conocido espigón. Este tipo de obra tiene como objetivo interceptar los materiales transportados por la corriente litoral y forzar su depósito, formándose playas apoyadas a barlomar, pero con el inconveniente de que al cortar el transporte se generan erosiones a sotamar. El espigón es una estructura tipo barrera que se introduce mar adentro desde la playa. El espigón puede generar o ensanchar una playa mediante la captación de material errático litoral, siempre que haya suficiente arena disponible.

La captación de arena por parte de un espigón se hace a expensas de la costa adyacente situada corriente abajo. Para reducir el daño potencial por erosión a los bienes situados a sotamar del espigón, debe ponerse un cierto límite a la cantidad de arena captada en el lado de barlomar. Cada vez hay más costas protegidas y hay menos arena disponible como aporte natural. Por este motivo es deseable y con frecuencia necesario, aportar arena artificialmente para llenar las áreas entre espigones, proporcionando así un paso más o menos interrumpido a la arena.

En los espigones predomina la dimensión normal a la costa respecto la paralela. Se pueden erigir espigones con formas y materiales diversos, utilizando acero, madera, hormigón o escollera. Además, los espigones pueden clasificarse en rebasables o no rebasables, largos o cortos, permeables o impermeables y en fijos o ajustables.

Un espigón no rebasable, extendiéndose más allá de la zona de la barra de oleaje de temporal ordinario o moderado, al principio capta casi toda la arena que se desplaza paralelamente a la costa por el interior de la zona interceptada. Esto es así hasta que la configuración del área, o el perfil de la superficie de la masa de arena acumulada, permite a la arena bordear el morro del espigón hacia las costas de sotamar.

Los espigones rebasables con la coronación a la misma cota que la costa de la playa deseada, funcionan como los no rebasables, salvo porque permite el paso de la arena por encima de la coronación de la estructura. Los espigones permeables permiten el paso de una parte de la energía del oleaje y de la arena a través de ellos.

Por otro lado, los espigones se pueden clasificar según su forma en planta y perfil. Según su forma en perfil pueden ser ajustables cuando se adaptan a la pendiente de la playa o fijos si mantienen su coronación a cota constante o casi constante. Por su forma en planta, se pueden clasificar en simples aquellos que conservan una misma alineación sin ramificaciones ni cambios bruscos de dirección; pudiendo ser normales, oblicuos, quebrados y curvos y compuesto, espigones en T, en Y, y en L.

Muchos espigones o sistemas de ellos, en distintos emplazamientos, han cumplido la tarea que se esperaba de ellos, sin embargo, en otros sitios, las ventajas obtenidas han sido despreciables, o se ha constatado incluso una regresión perjudicial de la línea de costa tal y como ha sucedido en la playa de Serragrossa.

2.3. Defensas exentas.

La función principal de este tipo de obras es provocar la estabilización o regeneración de la zona costera mediante la disminución de la energía del oleaje incidente. Los diferentes tipos de defensas exentas que se utilizan en la actualidad son los diques emergidos paralelos y los diques exentos sumergidos.

Los diques emergidos paralelos o con ligera inclinación, protegen a la playa disipando la energía del oleaje que alcanza la orilla, y formando una zona de sombra del lado de la costa. Los materiales transportados paralelamente a la playa son, entonces, captados en la zona de sombra, con poca energía del oleaje, detrás del rompeolas. El grado de acumulación es función de la tasa de transporte longitudinal, así como de la altura, longitud, distancia a tierra y permeabilidad de la estructura.

Este tipo de obra tiene un alto coste, y generalmente se construyen con fines portuarios. No obstante, en ocasiones se realizan grupos de rompeolas cortos exentos, menos costosos, con el fin de proteger la costa. Pueden producir hemitómbolos, tómbolos o bahías. Su funcionamiento como defensa está basada en la difracción del oleaje que genera en torno a sus extremos y en la disminución de energía de oleaje que produce en el área de agua por él abrigada.

Los diques exentos pueden tener, a la vez efectos beneficiosos y nocivos sobre el litoral. Reducen la acción de las olas, protegiendo así la costa situada directamente detrás de ellos, pero tanto si son exentos como unidos a la costa, la eliminación del oleaje reduce el transporte longitudinal, privando a las playas de la corriente de los materiales. En efecto, en ausencia de la acción del oleaje para desplazar la arena, ésta se deposita y ensancha la playa hacia el rompeolas. Este ensanche constituye una barrera que también bloquea el movimiento de los materiales del litoral. Estos diques exentos fuerzan el depósito de los sedimentos transportados, pero en menos volumen que los espigones. Además, precisan la

existencia real de este transporte porque, en caso contrario, su efecto será provocar erosiones en su entorno.

Como en el caso de los espigones, los diques exentos pueden ser rebasables, irrebasables, permeables, impermeables, con formas diversas en planta, etc. Los materiales de construcción de este tipo de defensas son similares a los de los espigones, es decir, escolleras, bloques de hormigón, gaviones, tablestacas, etc.

Los diques exentos sumergidos consisten en una barrera que, sin alcanzar la superficie del agua, se extienden paralelamente a la orilla en una longitud y distancia variables. De esta forma se logra una disminución de la energía del oleaje que pasa sobre ella y además se consigue un mejor apoyo del perfil de la playa, con el previsible aumento de la anchura de la playa seca.

La tipología y los materiales de construcción de estos diques exentos sumergidos son muy similares al caso de los emergidos. Tradicionalmente se han realizado con escolleras, aunque en los últimos años se ha multiplicado la utilización de los arrecifes artificiales.

Sin embargo, los objetivos principales de los arrecifes artificiales son básicamente la reproducción biológica y la protección de los fondos marinos frente a artes de pesca indiscriminada, como el arrastre. Queda, por tanto, en un segundo plano la utilidad de este sistema como método de protección costera, estando justificado su uso en un proyecto de regeneración de una playa cuando, además, sea necesaria una diversificación de ecosistemas y la creación de áreas de repoblación marina natural. Estos pueden ser de diferentes materiales, desde hormigón, antiguos barcos o buques, hasta escollera como podemos ver en la siguiente figura.

Las islas plataforma consisten, como su propio nombre indica, en una isla circular de escollera con una solera de hormigón separada de la costa varias decenas de metros. El concepto es similar al de dique exento, tratándose más bien de una modificación de la forma del mismo. Tienen la ventaja de crear una superficie apta para usos diversos.

Los conos de difracción se forman con una serie de cilindros o conos de hormigón ligados entre sí por un pie sumergido paralelo a la línea de playa. Reduce la componente longitudinal de la energía del oleaje al transformar las ondas oblicuas por otras prácticamente paralelas a la playa como consecuencia de la difracción.

2.4. Alimentación artificial de áridos.

La alimentación artificial consiste en aportar arena a la playa, y es la solución blanda por excelencia. Es importante el método para colocar el relleno de la playa, de forma que se asegure el aporte de arena en la proporción necesaria. La constitución y la reposición periódica de este relleno constituyen lo que se llama regeneración artificial de la playa. Para restaurar una playa erosionada y estabilizarla en dicha situación, el relleno se coloca directamente a lo largo del sector afectado, teniendo como objetivo la consecución de un perfil de equilibrio que le proporcione estabilidad.

Las playas de dimensiones adecuadas son eficaces para disipar la energía de las olas y, cuando son mantenidas con las dimensiones correctas, proporcionan una protección a la tierra situada detrás. Entonces se pueden clasificar como estructuras de protección costera. Tales playas disipan la energía de las olas sin provocar efectos nocivos.

Cuando las circunstancias son convenientes para una regeneración artificial, pueden protegerse por este método grandes longitudes de costa, con un coste relativamente bajo por metro lineal de litoral protegido. Este sistema soluciona la causa fundamental de la mayor parte de los problemas de erosión, que es la diferencia en el aporte natural de arena. Por otra parte, el ensanche de la playa es interesante porque ofrece al público una mayor área recreativa.

A veces resulta necesario disponer de estructuras para proteger las dunas, para preservar un tramo de playa específico, o para reducir las necesidades de regeneración. En cada caso, el coste de tales estructuras debe comprarse con las ventajas que proporcionarían. Así, las medidas necesarias para crear y mantener una playa más protegida, más extensa y más recreativa en un tramo de costa sometido a la erosión, sin estructuras adicionales, requeriría un índice de alimentación excesivo para compensar la tasa de pérdida del material de la playa agrandada.

La alimentación artificial precisará de recargas periódicas allí donde las arenas no queden sujetas y sigan siendo movilizadas por la acción del oleaje, y por ello en ocasiones es necesario adoptar obras duras del tipo espigones, diques exentos, etc. con el objetivo de rigidizar los aportes realizados.

No debe olvidarse entonces, que una alimentación artificial no resuelve de raíz el problema, debiendo añadir rellenos de manera periódica, a medida que la erosión arrastra los materiales aportados. Éstos rellenos posteriores tendrán, por lo general, unas dimensiones mucho menores que los iniciales debido a que el aporte inicial produce una mayor estabilidad en la playa.

Las arenas que constituyen los aportes en las alimentaciones artificiales deben tener un diámetro medio mayor que las existentes. Si no fuera así, desaparecerían rápidamente por la acción del oleaje. Estas arenas provienen principalmente de bancos de arenas en fondos marinos pudiendo estudiarse la posibilidad de emplear arenas artificiales, obtenidas por machaqueo y otro tipo de procesos. Hoy en día, el principal problema de la alimentación artificial es la obtención de las arenas de aportación.

Existen varias formas de ejecutar la alimentación artificial: vertido en la zona de la playa sumergida con arena procedente de dragados en el mar, apile en zonas erosionadas para que el oleaje lo extienda al resto del sector y por colocación y extensión directa del relleno en toda la zona a defender. La primera de las tres modalidades requiere maquinaria de tipo flotante mientras que en las dos restantes la obra se ejecuta desde el lado de tierra.

2.5. Regeneración dunar.

Los cordones dunares constituyen un método de protección económico, durable, estético y generador de un impacto ambiental positivo. Pueden crearse dunas por medios

artificiales, tales como el desplazamiento de la arena por medios mecánicos, o su captación cuando es transportada por el viento, con la ayuda de una barrera o de vegetación.

En tanto que el talud de la playa y la playa seca constituyen la última línea de defensa para absorber la mayor parte de la energía de las olas, las dunas constituyen con frecuencia el recurso extremo de la defensa de la costa frente a los temporales. Frecuentemente se produce una ocupación progresiva del terreno hacia el mar debido a la fuerte presión urbanística sin prestar atención a la protección que ofrecen las dunas tanto a la propia playa como a su trasdós. Se han nivelado grandes áreas de dunas para permitir el asentamiento de propiedades privadas, o han sido rebajadas para permitir un fácil acceso a la playa. En estos casos, si no se ha tomado ninguna medida adicional, al no existir una adecuada protección contra los temporales, las olas pueden inundar las tierras de una costa baja. En lugares en los que hay aporte adecuado de arena, una formación dunar puede proporcionar una protección más eficiente y con menor coste que un muro rompeolas.

Las formaciones dunares no solamente protegen el trasdós de la playa en caso de temporales, sino que además son una reserva para la regeneración de la propia playa. La arena que se acumula sobre el talud del lado del mar de una duna, ampliará ésta hacia la línea de costa. Una vez en la duna, esta arena puede ser devuelta a la playa por la acción de las olas del temporal, evitando que sea tomada por el estrán. Durante los temporales mucha de la arena que proviene de la erosión de la berma de la playa y de las dunas es transportada directamente mar adentro y depositada en una formación de barra. Este proceso no solo ayuda a disipar la energía de la ola incidente en el transcurso del temporal, sino que estos depósitos de mar adentro serán, normalmente, transportados de nuevo a la playa por los oleajes posteriores al temporal.

2.6. Otros métodos de protección costera.

Existen unas medidas de defensa y regeneración de costas que no se pueden incluir en las categorías anteriores de la clasificación. No se incluirán en el estudio algunas actuaciones, como las contenciones ancladas, la disposición de sacos amarrados en la franja emergente, las barreras neumáticas e hidráulicas o la instalación de tubos drenantes, porque suponen soluciones más bien a corto o medio plazo, y no son muy utilizadas en la actualidad llegando algunas a considerarse obsoletas mientras que otras, como la de los tubos drenantes o las barreras neumáticas e hidráulicas, están aún en fases experimentales.

- La retirada estratégica.

Cosiste en retirar a posiciones relativamente alejadas de la costa, las infraestructuras, instalaciones y construcciones amenazadas por el oleaje, y dejar que la dinámica de litoral establezca una situación de equilibrio, aunque sea a base de perder algunos metros de costa.

- El by-passing.

Si es necesario realizar una alimentación artificial como consecuencia de la erosión provocada por la existencia de un obstáculo retenedor del transporte sólido longitudinal aguas arriba de la playa, se puede instalar un by-pass. Su aplicación más concreta es en el caso de un puerto.

El by-pass consiste en el trasvase de las arenas retenidas a barlomar de la obra a la zona donde se está produciendo la regresión a sotamar de la obra, reincorporando así, los sedimentos a la corriente de transporte. Como se puede apreciar, este método es una variante de la alimentación artificial que ya se ha explicado. Cuenta con la ventaja de que utiliza una arena con la granulometría idéntica a la de la zona que está en regresión.

El trasvase puede ser continuo o discontinuo, y se puede organizar de forma flexible, en función del régimen del transporte longitudinal existente y la capacidad de éste. Se puede realizar vía marítima o vía terrestre.

- Las algas artificiales.

Este sistema consiste en colocar en el lecho marino, a una cierta distancia de la costa, una serie de filas de tubos de nylon que llevan sujetas unos filamentos o “algas” artificiales en dirección perpendicular a la dirección de la corriente, consiguiéndose de este modo reducir la energía del oleaje, pudiendo estabilizar el perfil de la playa.

- La regeneración de praderas de posidonias.

La posidonia oceánica es una planta endémica del Mediterráneo. Tiene hojas acintadas de color verde pardo de hasta 1 m de longitud, agrupadas en haces, con ápices cuadrados o redondeados. Se fija al sustrato mediante un rizoma leñoso. Se localiza en fondos arenosos formando extensas praderas que constituyen un ecosistema muy importante, puesto que sirven de refugio o de territorio de caza a gran cantidad de especies.

Están presentes todo el año. En otoño las hojas muertas son arrastradas a la playa por los temporales. Muy escasa en zonas muy cercanas a la costa. Llega hasta los 40 m de profundidad. Actualmente tiene graves problemas de regresión debido a la contaminación de las aguas, a ciertas actividades humanas como la pesca de arrastre, fondeos y a la invasión del alga *Caulerpa taxifolia*.

Son fundamentales en el mantenimiento de la línea de costa y la estabilidad de las playas de arena y los fondos marinos, ya que sus rizomas retienen sedimentos, sus hojas reducen el movimiento del agua y la acumulación de sus hojas muertas en la playa reduce el impacto de las obras sobre éstas. Igualmente forman arrecifes – barrera, los cuales protegen la costa de la acción de las olas y las corrientes marinas.

2.7. Resumen de soluciones generales.

A continuación se resumen los criterios que pueden orientar la elección del tipo idóneo de defensa.

2.7.1. Defensas longitudinales.

Objetivos:

- Protección de las costas expuestas a la acción de fuertes temporales.
- Protección de áreas industriales, autopistas o vías cercanas a la costa.

Ventajas:

- Rapidez de protección en casos urgentes.
- Solidez y seguridad a corto y medio plazo.
- Economía en zonas puntuales.

Inconvenientes:

- Dificultad para mantener o regenerar las playas a su pie.
- Paulatino hundimiento de la playa sumergida.
- No evita la erosión aguas abajo, al contrario, es ligeramente perjudicial.

Recomendaciones:

- Conviene mantener una playa a su pie, para ello hace falta la alimentación periódica.

Sistemas complementarios:

- Espigones: favorecen el mantenimiento de la playa a su pie, si bien, con muchas reservas.
- Alimentación artificial.

2.7.2. Defensas transversales. Espigones.

Objetivos:

- Defensa de la playa existente en las que se haya iniciado o se prevea una disminución de aportes.
- Regeneración o creación de playas donde exista un transporte litoral suficiente.

Ventajas:

- Sencillez de proyecto y construcción.
- Economía en su mantenimiento.

Inconvenientes:

- Provoca fuertes erosiones en las zonas a sotamar al detener la corriente sólida.
- Impacto estético desagradable.
- Genera suciedad en las playas si las células son excesivamente cerradas.

Recomendaciones:

- Evitar campos de espigones a lo largo de grandes longitudes de playa.

- Prolongar el campo de espigones hasta el final de la unidad fisiográfica o bien dejar sin protección las playas a sotamar.
- Cuidar al máximo el aspecto estético del conjunto de las obras.

Sistemas complementarios:

- Defensas exentas: aumentan la protección de la playa contra los fuertes temporales y mejoran el aspecto estético del conjunto.
- Alimentación artificial: consigue el rápido aumento de la anchura de la playa protegida y evita la erosión de las playas a sotamar.

2.7.3. Defensas exentas.

Objetivos:

- Defensa de las costas o playas existentes.
- Regeneración o creación de playas.

Ventajas:

- Influencia sólo parcial sobre el transporte sólido litoral.
- Creación de áreas de remanso aptas para el baño.
- Efecto estético mejor que otros tipos de defensa.

Inconvenientes:

- Elevado coste de construcción.
- Causa erosiones en la zona a sotamar si el efecto barrera es considerable.
- Modifica la forma rectilínea natural de la playa y reduce el campo de visión del bañista.

Recomendaciones:

- Diseño de forma paralela a la costa.
- Cotas de coronación bajas para evitar sensaciones de ahogo desde la playa.
- Cuidar los efectos producidos a sotamar.
- Ensayo en modelo reducido.

Sistemas complementarios:

- Espigones: favorecen la retención de arena en playas artificiales si bien en otros casos no son recomendables.

- Alimentación artificial: consigue el rápido aumento de la anchura de la playa protegida y evita la erosión de las playas a sotamar.

2.7.4. Arrecifes artificiales.

Objetivos:

- Mejora de la productividad pesquera.
- Reducción de la capacidad de transporte de sedimentos.

Ventajas:

- Regula el flujo sedimentario litoral.
- Posibilidad de diseño como estructuras modulares prefabricadas.

Inconvenientes:

- Dudosa rentabilidad económica a corto plazo.
- Poca experiencia en la función de obra regeneradora.

Recomendaciones:

- Disposición de los módulos en forma de diques exentos sumergidos.
- Realizar un cuidadoso estudio del impacto ambiental que puede causar el establecimiento de distintas especies en los arrecifes.

2.7.5. Alimentación artificial.

Objetivos:

- Protección de las zonas posteriores. Creación de nuevas playas.
- Estabilización de playas en proceso de erosión.

Ventajas:

- Inexistencia de efectos perjudiciales sobre otras zonas. Mejora de las playas a sotamar del sector alimentado.
- Inmejorable efecto estético.

Inconvenientes:

- Exige mantenimiento frecuente, sobre todo en zonas de fuerte transporte litoral.
- Coste de mantenimiento elevado.
- Necesita un seguimiento constante.

- Impactos ambientales negativos sobre los fondos marinos (si la arena de aportación proviene de dragados).

Recomendaciones:

- Empleo de arena para alimentación de tamaño y peso específico no inferior al de la arena natural existente.
- Uso de plantas de by-pass móviles.

Sistemas complementarios:

- Espigones: de tipo corto colaboran a la retención de la arena en la zona alimentada.
- Defensas exentas: colaboran al mantenimiento de la playa.
- Defensas longitudinales: recomendable en zonas frágiles frente a los grandes temporales.

2.7.6.Retirada estratégica.

Objetivos:

- Estabilización natural de las playas en proceso de erosión.

Ventajas:

- Restablecimiento del equilibrio natural.
- Inmejorable aspecto estético.

Inconvenientes:

- Alto costo de la retirada de infraestructuras, instalaciones y construcciones amenazadas por el oleaje.
- Problemas para la nueva ubicación de los elementos anteriores.

Recomendaciones:

- Realizar un estudio sobre la evolución futura del proceso.
- Seguimiento constante del proceso de evolución natural.

Sistemas complementarios:

- Ninguno.

3. Soluciones aplicables a la playa de Serragrossa.

En este apartado se pretenden seleccionar las soluciones válidas al problema que se plantea en la adecuación de la playa de Serragrossa. Para ellos, se van a repasar los métodos de protección costera estudiando, en cada caso, las limitaciones y las razones que podrían impedir su aplicación en este proyecto. Este análisis se realizará atendiendo a criterios básicamente funcionales y de impacto ambiental. El resultado final de este apartado será plantear soluciones viables.

3.1. Defensas longitudinales.

- Obras duras (malecones, muros, escolleras):

La ventaja principal de este tipo de obras es su rapidez de protección en casos urgentes o su economía en zonas puntuales. Son obras de defensa y en principio candidatas para nuestro caso de protección. Sin embargo, la playa de Serragrossa debido a sus condiciones y el mal estado de sus actuales espigones, aparenta ser una obra de escollera cuya función actual se ha reconvertido en proteger medianamente la carretera que se sitúa detrás de la playa. Nuestro objetivo es crear y proteger playa seca.

Por lo tanto este tipo de obras se Descarta.

- Obras blandas (dunas protectoras):

La construcción de dunas permite restablecer más fácilmente el equilibrio de la playa, especialmente si la dinámica eólica es representativa y los materiales de la playa son arenas finas.

La situación que se da en la playa de Serragrossa impide, por un lado la creación de dichas dunas debido al poco espacio disponible y por otro hay que añadir que es una zona en la que no existe actualmente playa seca, luego regenerar directamente la playa con dicho método no sería para nada funcional ya que tendría que ir acompañada de otras medidas y aun así tampoco estaría comprobada su funcionalidad.

Por lo tanto, debido a la imposibilidad de construcción y la existencia de esta dunas se Descarta.

3.2. Obras transversales. Espigones.

Las obras transversales producen tanto protección como regeneración de la playa, aunque en general deben ir acompañadas de aportes artificiales.

El uso de los espigones tiene como inconveniente que es una actuación con un fuerte impacto estético, pero como en nuestro caso ya existen un gran número de espigones muy deteriorados este impacto se vería minimizado ya que sería una mejoría en la zona. Además nuestra zona no tiene actualmente un alto uso vacacional, aunque si podría tenerlo en el futuro.

Por lo tanto No se Descarta, pero requiere un estudio en profundidad.

3.3. Defensas exentas.

- Diques emergidos.

Contrariamente al caso de los espigones, los diques exentos pueden captar sedimentos que se desplazan perpendicularmente a la costa, y pueden resultar muy eficaces cuando la corriente longitudinal es débil.

Pero este tipo de obras tiene importantes inconvenientes. Su valoración estética es claramente negativa porque impide la visión, desde la playa, de la línea del horizonte y del mar. Además, puede llegar a causar erosiones en la zona a sotavento si el efecto barrera es considerable. Y, otra limitación no menos importante, es su elevado coste de construcción, debido a que normalmente debe acometerse con maquinaria flotante, al ser una obra aislada de tierra.

Por lo tanto, este tipo de solución se Descarta.

- Diques sumergidos.

Los diques sumergidos serían una solución preferible frente a los emergidos. Ya que no suponen una pantalla para la visión de los bañistas, y sus efectos de atenuación del oleaje pueden ayudar a regenerar las playas. En consecuencia, se va a tratar como una posible solución, aplicada en solitario o en combinación con otros sistemas.

Las medidas de protección que se pueden adoptar junto a los diques sumergidos son: los espigones o la alimentación artificial. Así se consigue un rápido aumento de la anchura de la playa protegida, evitando, además, la erosión de las playas a sotavento. No se Descarta.

- Arrecifes artificiales.

En cuanto a esta solución hay muy poca experiencia existente en relación a la regeneración de playas, además de que su finalidad es la recuperación biológica y la protección de los fondos marinos. Luego esta solución se Descarta.

- Islas plataforma y conos de difracción.

Las islas plataformas son construcciones concebidas para crear, en una zona puntual de la playa, tómbolos o hemitómbolos. En realidad, no son más que diques exentos emergidos, de pequeñas dimensiones cuya planta suele ser circular y sobre los que se puede hacer algún tipo de aprovechamiento.

Podría ser aplicada a las playas a tratar, pero se decide descartarla porque no se pretende conseguir una nueva superficie apta para usos diversos.

Los conos de difracción son un sistema de la ingeniería de costas que ha sido, también, muy poco empleado en España. Las ventajas que puede ofrecer este método se pueden lograr con los diques exentos, y estos últimos tienen menos inconvenientes: son un sistema más económico y, si son sumergidos, su impacto estético es más reducido.

Ambas técnicas se Descartan.

3.4. Alimentación artificial de áridos.

La utilización de esta técnica con el objetivo de estabilizar playas en proceso de erosión y, aún más, crear una nueva superficie de la playa seca está muy bien considerada, dentro del campo de la ingeniería de costas.

La regeneración artificial soluciona directamente la causa fundamental de la mayor parte de los problemas de erosión: el defecto de aporte natural de arena, siendo, además, más beneficioso que perjudicial. Otras ventajas, muy importantes, de este sistema son el inmejorable aspecto estético que proporcionan y los espectaculares resultados que se consiguen desde el punto de vista funcional, en el sentido de crear una superficie de playa seca que no existía con anterioridad.

La alimentación artificial de arena no produce ningún efecto negativo desde el punto de vista estético. No se puede decir lo mismo cuando se analizan sus efectos sobre el medio ambiente, ya que este método puede traer impactos negativos para los fondos marinos.

A parte de los posibles efectos medioambientales negativos sobre los fondos marinos, este sistema tiene otro inconveniente. En general, necesitan un seguimiento constante. Es muy complicado que una playa se recupere con una alimentación artificial y se logre un equilibrio tal que no necesite aportaciones periódicas.

Otro problema que presenta este método es la obtención de las arenas de aportación. En realidad, hoy en día, éste es el principal problema de la alimentación artificial. En el caso de que no se encuentren las 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 este sistema de alimentación artificial puede plantear serios inconvenientes, sin embargo, proporciona grandes beneficios. Además es una técnica complementaria a otras ya expuestas. Por tanto esta técnica No se Descarta.

3.5. Otros métodos.

- Retirada estratégica.

Este sería un sistema que no es viable con la situación del proyecto ya que la playa forma parte de una urbanización vacacional y residencial consolidada y por motivos económicos, administrativos y sociales sería inviable retirar las infraestructuras existentes. Desde el punto de vista medioambiental, la retirada estratégica sería una buena solución. Se Descarta.

- By-passing.

El principal problema para la utilización de esta técnica en la playa de Serragrossa es que no existe un punto de partida para el trasvase de la arena que permita su viabilidad. Ya se ha explicado que el by-passing tiene sentido, sobre todo, en el caso de los puertos. Se descarta la posibilidad de trasvasar arena desde barlomar a sotamar del Cabo de la Huerta

debido a que la acumulación de arena existente a barlomar es retenida de forma natural luego si hiciéramos un trasvase interrumpiríamos el ciclo natural de esa zona. Se Descarta.

- Algas artificiales.

Existen estudios teóricos apoyados con algunos experimentos de laboratorio y a escala real que parecen indicar la idoneidad de este método para la recuperación de playas. Sin embargo, este sistema ha sido muy poco utilizado, no solo en España, sino a nivel internacional. No se puede decir, entonces, que ofrezca garantías en sus resultados. Su utilización supondría un gran gasto económico ya que este sistema es muy caro y no se tendrían plenas garantías de que su resultado sea satisfactorio. Por todo esto se Descarta.

- Regeneración de las praderas de posidonias.

El tramo de costa donde se encuentra la playa de Serragrossa no cuenta con este tipo de flora subacuática y crear una nueva es inviable, no solo por cuestiones económicas y medioambientales sino porque la creación o recuperación de estas praderas son unos procesos muy lentos, tanto que puede durar decenas de años. Se Descarta.

3.6. Conclusiones. Soluciones aplicables a la playa de Serragrossa.

A continuación se presentan en una tabla las conclusiones para cada método de forma resumida.

SOLUCIÓN	VALIDEZ
Obra longitudinal dura	No
Obra longitudinal blanda	No
Obra transversal	Sí
Diques exentos emergidos	No
Diques exentos sumergidos	Sí
Arrecifes artificiales	No
Isla plataforma	No
Conos de difracción	No
Alimentación artificial	Sí
Otros métodos	No

Tabla 1 Validez de soluciones

Además de estas soluciones hay que considerar dos cosas más. Primero la combinación de dos o más soluciones y en segundo lugar hay que considerar la posibilidad de No Actuación.

4. Estudio de las alternativas viables.

Hasta este punto se han ido analizando las posibilidades de aplicación de las diferentes técnicas de protección costera y de regeneración de playas al caso concreto de la playa de Serragrossa. Este proceso se ha realizado con criterios básicamente funcionales, ambientales y estéticos, sin entrar en ninguna especificación y desde una valoración cualitativa. De esta forma, se han descartado algunas actuaciones, y se ha llegado a plantear las soluciones válidas.

En este apartado se van a recoger las soluciones dichas y la combinación de estas para realizar una valoración estimada en forma de estudio cuantitativo mediante un análisis multicriterio. Al final, cada posibilidad obtendrá una nota de calificación global. Entonces se seleccionarán las dos o tres alternativas con mejor calificación para su estudio de detalle en un apartado posterior.

4.1. Alternativas y criterios de valoración.

Las alternativas que por ahora son viables para el proyecto de protección de la playa de Serragrossa según lo establecido en los apartados anteriores son:

1. Espigones.
2. Diques exentos sumergidos.
3. Alimentación artificial.
4. Espigones y alimentación artificial.
5. Diques exentos sumergidos y alimentación artificial.
6. No actuación.

Para elegir la alternativa más ventajosa se utilizará el análisis multicriterio. Este método considera una serie de criterios y les asigna un peso de ponderación para obtener una valoración final de cada alternativa. A continuación se exponen los criterios considerados para este proyecto:

- Funcionalidad: La solución planteada y adoptada debe resolver la problemática existente. Es el criterio de mayor peso.
- Estética: La solución planteada y adoptada debe ser atractiva para los usuarios de la playa concretamente desde una visión paisajística y de uso como bañistas.
- Ambiental: Valora el impacto de la solución adoptada.
- Economía: Siempre se debe plantear la limitación en la disponibilidad de recursos junto con las posibilidades de explotación una vez ejecutada la obra.

Dados los objetivos que se pretenden con esta actuación en este tramo de costa que vienen a ser la regeneración y adecuación de un área de playa seca con un presupuesto razonable, se establecen los siguientes pesos:

- Funcionalidad 4
- Estético 3
- Ambiental 3
- Económico 2

Se evaluará cada una de las seis alternativas y a cada una de ellas se le asignará un valor de 0 a 10 que califique la idoneidad de esa solución en cada uno de los cuatro criterios anteriores. La asignación de esta valoración puede parecer un tanto subjetiva, pero se entiende que puede ser suficiente para llegar a obtener las mejores alternativas. Las valoraciones serán entendidas, únicamente, como positivas.

Cuando se valoren cada uno de los cuatro criterios para una alternativa, se obtendrá su valoración final con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Valoración\ final = \sum_i Peso_{criterio\ i} * Valoración_{criterio\ i}$$

Así, la nota global de cada alternativa estará en el rango 0 – 120. En el siguiente punto comenzamos a analizar y a evaluar cada una de las seis alternativas que se acaban de plantear para la playa de Serragrossa.

4.2. Alternativa 1. Campo de espigones.

Esta solución no puede calificarse como buena ya que el volumen de arena que podrían captar los espigones es en la mayoría de casos insuficiente. La playa de Serragrossa es un claro ejemplo de ello, como hemos visto anteriormente el campo de espigones que tiene contruidos a lo largo apenas han servido para captar arena. Además la experiencia en otras costas muestra la escasa utilidad de esta técnica, exceptuando los espigones que tienen características de barrera total al transporte litoral, los cuales no son de nuestro interés en este caso.

Por otro lado, la construcción de un campo de espigones divide la playa en distintas secciones lo que supone una discontinuidad en el mar y se traduce en una restricción para bañistas y embarcaciones de recreo.

En consecuencia se le asigna una valoración de 2 al criterio funcional para esta alternativa.

Estéticamente, la construcción de este sistema de obras transversales no provoca agrado alguno para la visión de los usuarios de la playa. Son barreras que cortan la visión completa de la costa y que dan una sensación muy fuerte de “playa intervenida”, le restan

naturalidad al paisaje. Además suponen un punto de peligrosidad para bañistas. Se le asigna una nota de 2.

Este sistema puede provocar algunas consecuencias negativas en el medio ambiente. Sin embargo, éstas no son de gran impacto y no suponen una destrucción de la vida en su entorno. Tampoco aporta ninguna mejora sustancial en lo referente al medio ambiente y por ello se le asigna una nota de 5.

Finalmente, la construcción de espigones supondría una importante inversión económica. En el caso de la playa de Serragrossa, se podría reutilizar y reformar alguno de los espigones existentes mejor conservados y situados a lo largo de la costa, como por ejemplo el que se encuentra a barlomar, aun realizando esto el coste económico sería alto ya que aunque se reutilice algún espigón habría que rediseñarlo y reconstruirlo prácticamente en su

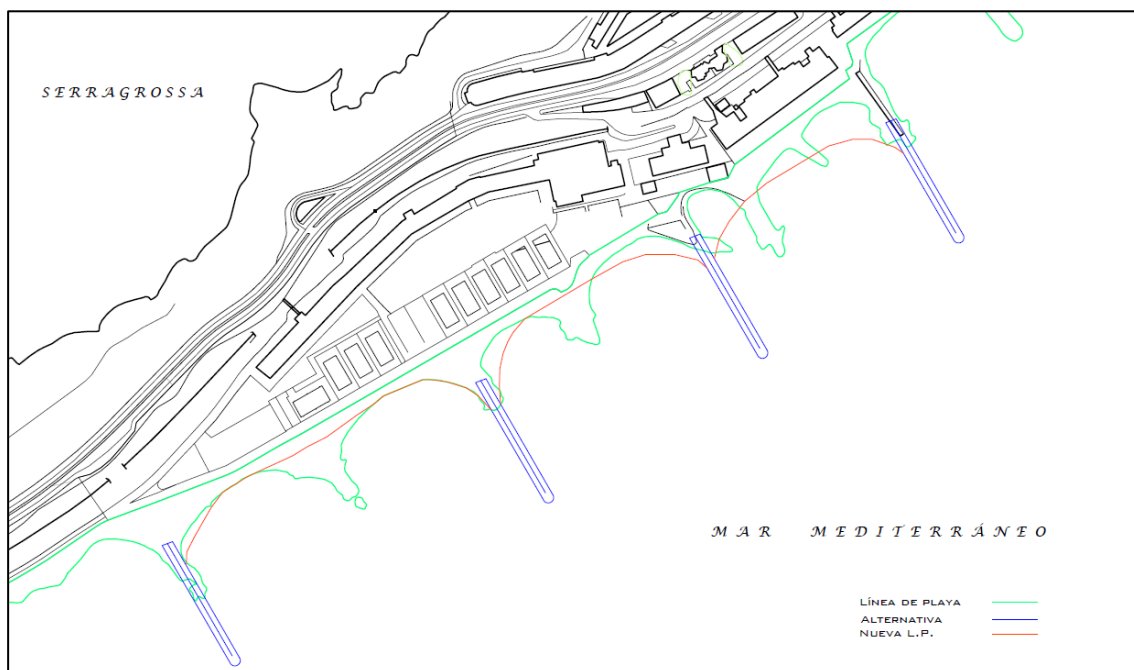


Figura 1 Alternativa 1

La valoración global de esta caso 1, campo de espigones, como solución para regenerar la playa de Serragrossa se expresa, de manera resumida, en la siguiente tabla:

Alternativa 1: Campo de espigones.					
Criterio	Funcional	Ambiental	Estético	Económico	Final
Pesos	4	3	3	2	-
Validación	2	5	2	4	37

Tabla 2 Resumen alternativa 1

4.3. Alternativa 2. Diques exentos sumergidos.

Esta alternativa consiste en construir una serie de diques o barreras exentas totalmente sumergidos, en posición relativamente paralela a la línea de costa.

Desde el criterio de funcionalidad los argumentos a aplicar son los mismos que para los espigones, es decir, no parece que haya un volumen de transporte de sedimentos que garantice una captación suficiente de los mismos por parte de los diques. Aunque tienen por ventaja que no son una barrera al transporte longitudinal, si lo son para el transporte transversal. En ese sentido los diques exentos provocan la pérdida de energía del oleaje. Por tanto hay una ventaja y un inconveniente. Lo beneficioso es la reducción de las olas en temporales que son los causantes de las mayores pérdidas de material. En cuanto al inconveniente está que la playa de Serragrossa tiene un oleaje moderado-suave y una reducción de dicho oleaje podría provocar considerable reducción del mismo.

Además hay que añadir la restricción de calado que suponen para las embarcaciones que navegan cerca de la costa, la mayoría pertenecientes a usuarios de la misma playa. Por lo tanto se le otorga una valoración de 3.

En cuanto al impacto ambiental, hay que decir que todavía no se conoce la zona para la posible ubicación de estos diques por lo que se desconoce si estas construcciones descansarán sobre un fondo marino más o menos rico en cuanto a la flora y la fauna. Aunque en general la flora no es muy abundante en la zona, sí que hay mayor presencia de fauna, principalmente moluscos autóctonos. Se le asigna una valoración de 4.

En el aspecto estético la construcción de unos diques invisibles a los ojos de los bañistas y de las embarcaciones de recreo no genera percepción de que ha habido una actuación. Por esto, se decide calificar a esta alternativa con una buena nota, un valor de 8.

En lo relativo a los criterios económicos, la construcción de diques exentos supone un alto coste, ya que por lo general la construcción debe acometerse con maquinaria flotante o mediante caminos auxiliares que penetran mar adentro, y que deberían ser retirados con posterioridad a la construcción de los diques. A esto se une el hecho de que este tipo de obras se ejecutan a mayores profundidades que otro tipo de soluciones requiriéndose por lo tanto, mayores volúmenes de material. El aspecto económico es una considerable limitación para estas obras. Además de forma similar a como ocurre con los espigones, hay que tener en cuenta la longitud de playa afectada y que en el caso de todo este tramo de costa puede inducir a ubicar más diques en otras playas. Se le da una valoración de 3.

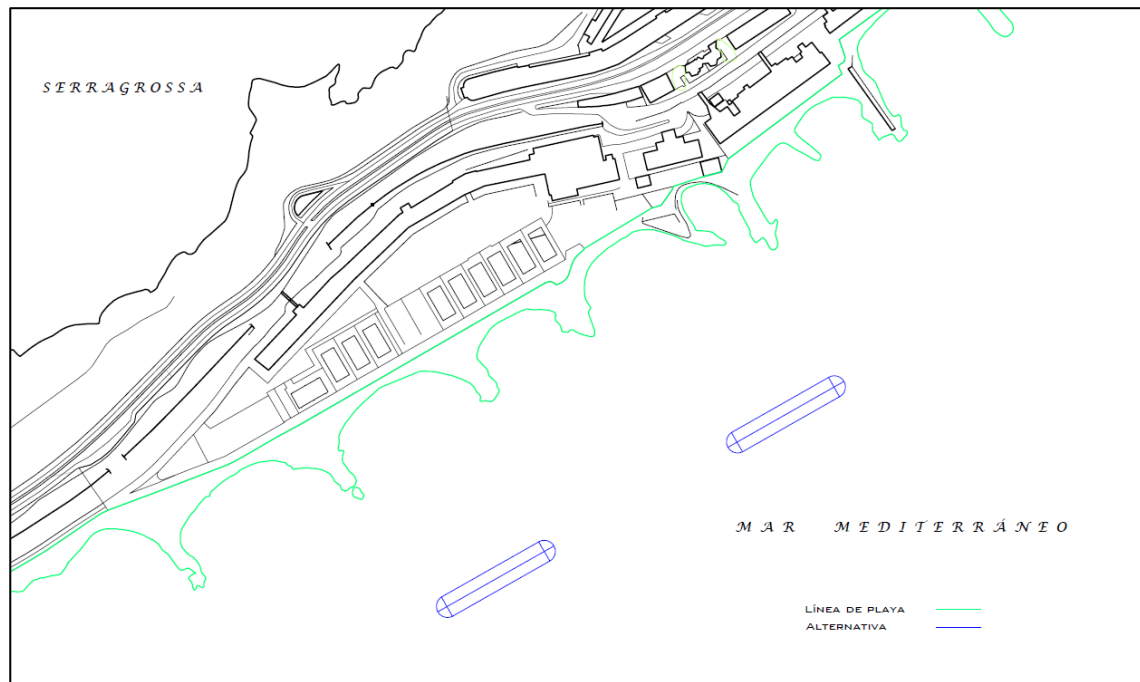


Figura 2 Alternativa 2

La valoración global de este caso 2 como solución para regenerar la playa de Serragrossa se expresa, de manera resumida:

Alternativa 2: Diques exentos sumergidos.					
Criterio	Funcional	Ambiental	Estético	Económico	Final
Pesos	4	3	3	2	-
Validación	3	4	8	3	54

Tabla 3 Resumen alternativa 2

4.4. Alternativa 3. Alimentación artificial.

Esta alternativa plantea la resolución del problema de la playa de Serragrossa a partir de una alimentación artificial sin ningún tipo de obra rígida de apoyo.

Cuando, en la fase anterior de este Estudio de Soluciones, se analizaba la posibilidad de utilizar esta técnica se aceptó como una de las mejores actuaciones para conseguir un incremento de la superficie de la playa seca, de hecho es más una técnica de regeneración que de protección.

Sin embargo, por sí sola, no garantiza la permanencia de la arena. Todo lo contrario, existen muchas experiencias, que apuntan a que la arena de aportación vuelve a los fondos marinos o deriva a playas a sotamar después de fuertes temporales.

Parece, entonces que esta alternativa es muy arriesgada. Se decide penalizar duramente esta circunstancia y calificar, desde el punto de vista funcional, a esta alternativa con un 1.

Desde el criterio medioambiental, esta solución en primera instancia no presenta un impacto excesivamente negativo si el material proviene de aportaciones de arena natural no siendo así en caso de áridos provenientes de machaqueo. En el caso de arena natural, su

extracción de fondos marinos sí que supone un daño ambiental. Por ello y a expensas de concretar el origen de los materiales, se le asigna una valoración de 4.

Estéticamente la solución es óptima, ya que el impacto visual es nulo y el incremento de la playa seca es muy positivo para los usuarios. Por ello se otorga la valoración de 9.

En cuanto al criterio económico, es clave el origen de los materiales de aportación. Arenas extraídas de fondos marinos tendrán un alto coste debido a la necesidad de obras de dragado. La aportación de arenas excedentes de otras playas se descarta en principio por escasez de las mismas. En el caso de la aportación de áridos artificiales estos tendrán un coste considerable aunque en principio asumible. En cualquier caso el coste se estima importante, pero de una posición buena respecto del resto de las actuaciones, de manera que se da una valoración económica de esta alternativa de 6.

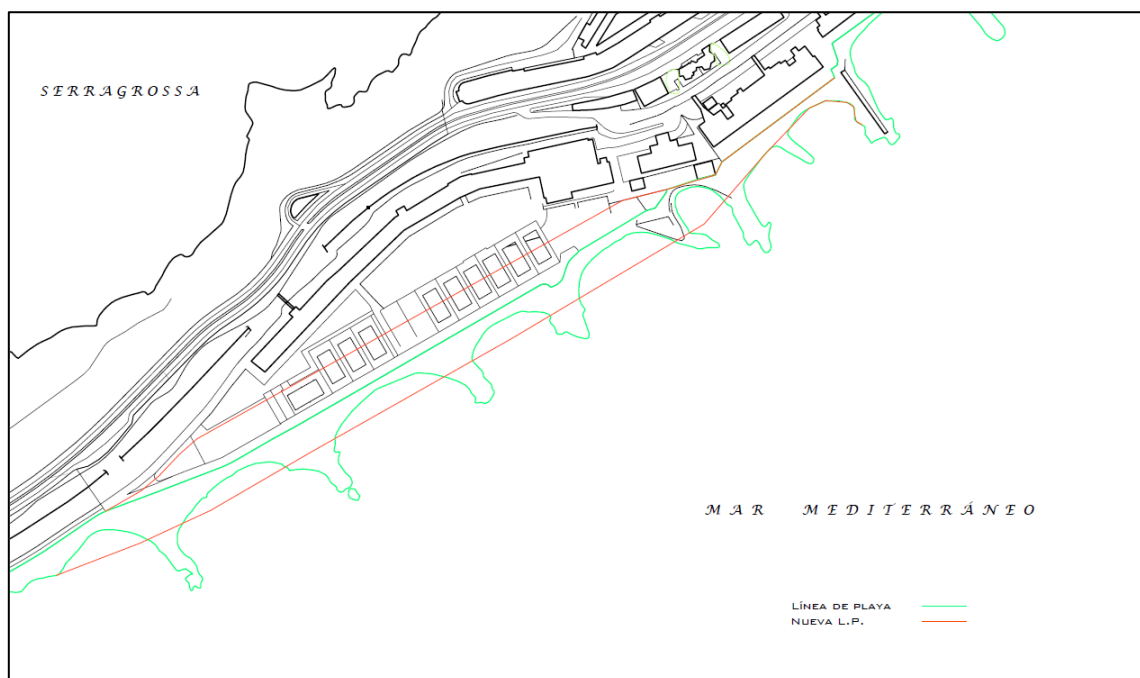


Figura 3 Alternativa 3

La valoración global de este caso 3 como solución para regenerar la playa de Serragrossa se expresa, de manera resumida:

Alternativa 3: Alimentación artificial de áridos.					
Criterio	Funcional	Ambiental	Estético	Económico	Final
Pesos	4	3	3	2	-
Validación	1	4	9	6	55

Tabla 4 Resumen alternativa 3

4.5. Alternativa 4. Espigón de control y alimentación artificial.

Esta alternativa combinada pretende compensar las carencias de los espigones y la alimentación artificial. Así, el inconveniente de la posible rápida pérdida del material aportado debe ser frenado por la presencia de los espigones. A su vez, el inconveniente de

estos de no retener suficiente volumen de sedimentos por escasez de los mismos debe ser compensado por la alimentación artificial.

Además hay que seguir considerando que los espigones crean una barrera para los bañistas y embarcaciones ligeras. Por ello bajo el criterio funcional se valora esta alternativa con un 5.

Desde el criterio medioambiental, esta alternativa no mejora con respecto a las valoraciones de cada técnica por separado. Concretamente se puede considerar que se suman los efectos negativos. Los espigones no tienen un gran impacto a excepción del posible daño sobre los lechos marinos, constituidos mayormente por arena y no afectando estos a una extensa superficie. Respecto a la aportación de áridos, la gravedad del impacto estará en su procedencia y como se descarta el trasvase de arenas desde otras playas por escasez, el origen de las mismas será el dragado de fondos marinos o la aportación de áridos artificiales. Ambas soluciones para la aportación repercuten en un considerable impacto ambiental. En conclusión al criterio ambiental de esta alternativa se le otorga una valoración de 3.

Estéticamente, al tratarse de tan solo un espigón, no crea la división en distintas secciones en la playa como si lo hacía la solución de la alternativa 1, de construcción de campo de espigones. La aportación de áridos es muy buena estéticamente, por tanto el usuario sólo percibirá el impacto visual del espigón de control. Por tanto se decide otorgar una valoración de 6.

Desde el punto de vista económico ya se ha dicho que no es fácil evaluar, en este punto, el coste de la alimentación artificial, pero que se considera como medio en relación con otros métodos como diques exentos, espigones, etc. Respecto al espigón tienen un coste relativamente considerable. Esta alternativa, al tratarse de una combinación de dos técnicas, es evidente que resultará más costosa. Aunque una de las ventajas de dicha combinación puede ser la necesidad de menores volúmenes de áridos de aportación o incluso menor longitud del espigón. Se decide otorgar, una valoración de 5 acorde a las dos alternativas simples.

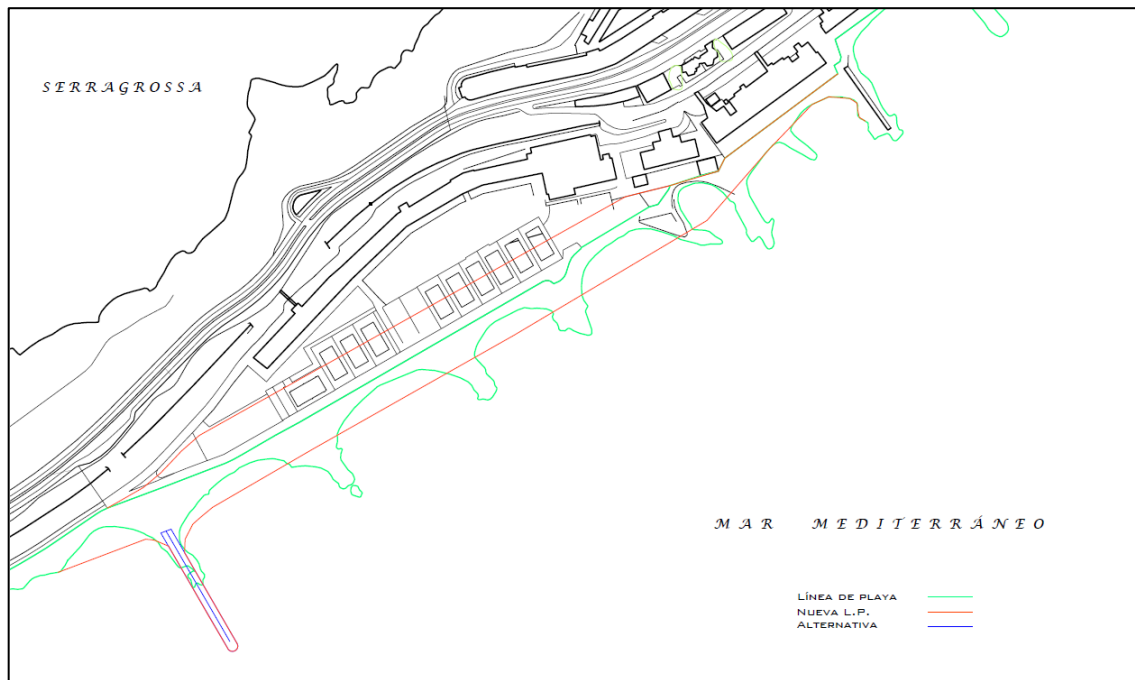


Figura 4 Alternativa 4

La valoración global de este caso 4 como solución para regenerar la playa de Serragrossa se expresa, de manera resumida:

Alternativa 4: Alimentación artificial de áridos y espigón de control.					
Criterio	Funcional	Ambiental	Estético	Económico	Final
Pesos	4	3	3	2	-
Validación	5	3	6	5	57

Tabla 5 Resumen alternativa 4

4.6. Alternativa 5. Diques exentos sumergidos y alimentación artificial.

Como ya se explicaba en la alternativa 2 (diques exentos sumergidos), en esta fase del Estudio de Soluciones no se va a tratar de dimensionar.

Desde el punto de vista funcional esta alternativa se presenta mejor respecto al resto. La pérdida de grandes volúmenes de arena de aportación sería evitada por la presencia de los diques además de ayudar a la protección de la playa al reducir la energía de oleaje. Como inconveniente surge la restricción de calado para las embarcaciones en las proximidades de los diques, pero en conjunto son mayores los beneficios. Así se le otorga una valoración de 6 al criterio funcional de esta alternativa.

En el Plano ambiental, lógicamente la combinación de ambas alternativas es más perjudicial que de forma aislada. Por un lado el inconveniente de la procedencia de las arenas ya comentado, por otro la construcción de los diques generaría daños en los fondos marinos. Se le da una valoración de 3 al criterio medioambiental.

Estéticamente la solución es muy buena ya que el usuario percibirá los cambios realizados de una forma muy positiva mejorando la imagen actual de la playa. Además de

funcionar las medidas, la playa seca podría incrementar su ancho. Por ello se le otorga una valoración de 8.

En cuanto al criterio económico, este no puede recibir una valoración. La construcción de diques exentos es una de las alternativas más costosas, a la que hay que sumar el coste de la aportación de los áridos. Se le da una valoración a este criterio de 2.

La valoración global de este caso 5 como solución para regenerar la playa de Serragrossa, se expresa, de manera resumida:

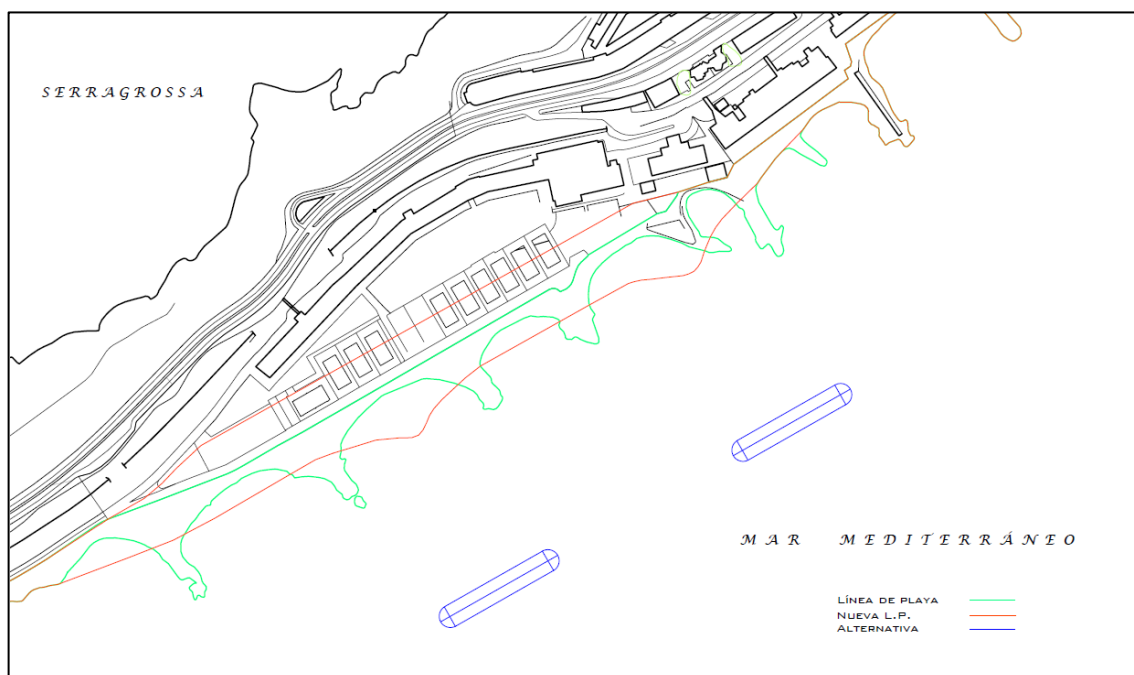


Figura 5 Alternativa 5

Alternativa 5: Alimentación artificial y diques exentos sumergidos.					
Criterio	Funcional	Ambiental	Estético	Económico	Final
Pesos	4	3	3	2	-
Validación	6	3	8	2	61

Tabla 6 Resumen alternativa 5

4.7. Alternativa 6. No actuación.

Esta solución propone la no intervención sobre la playa o su área de influencia, dejar la playa tal y como está a espera de que alcance el equilibrio por sí sola.

Desde la funcionalidad, esta solución no resuelve el problema, por lo que a pesar de estar frenado el avance erosivo de la playa, las probabilidades que existen de que esta se regenere por sí sola son muy bajas debido al poco transporte litoral existente y al actual estado de conservación de esta. En consecuencia se le otorga una valoración de 1.

Medioambientalmente esta solución no genera ningún daño adicional más allá del que ya se le ha hecho. Se le asigna una valoración de 6.

Estéticamente, la solución en principio es buena ya que no se construiría nada nuevo que alterase el paisaje, pero considerando el estado actual de la playa podemos ver que no destaca especialmente por su atractivo. Se le da una valoración de 2.

En cuanto al criterio económico, esta opción tiene coste 0 aunque también se deben valorar costes futuros debidos a una posible mayor degradación de la playa de la ya existente. Por ello se le da una valoración de 6.

Alternativa 6: No actuación.					
Criterio	Funcional	Ambiental	Estético	Económico	Final
Pesos	4	3	3	2	-
Validación	1	6	2	6	40

Tabla 7 Resumen alternativa 6

4.8. Resumen de las valoraciones y propuestas de alternativas.

Para disponer de una visión general de cada una de las calificaciones, se presenta el siguiente cuadro. Se recuerda que la puntuación global de cada una de las alternativas se encuentra en el 0-120, y que se obtiene ponderando las puntuaciones parciales de cada uno de los criterios por los pesos mencionados al principio de este apartado.

Resumen alternativas posibles.						
-	Actuaciones	Funcional	Ambiental	Estético	Económico	Final
Alternativa 1	Campo de espigones	2	5	2	4	37
Alternativa 2	Diques exentos sumergidos	3	4	8	3	54
Alternativa 3	Alimentación artificial	1	4	9	6	55
Alternativa 4	Alimentación artificial y espigón de control	5	3	6	5	57
Alternativa 5	Alimentación artificial y diques exentos	6	3	8	2	61
Alternativa 6	No actuación	1	6	2	6	40

Tabla 8 Resumen alternativas posibles

Como se puede apreciar, la mejor puntuación es para la alternativa 5 “Alimentación artificial y diques exentos sumergidos”. Esta solución esta cerca de la alternativa 4 “Alimentación artificial y espigón de control”. En tercer lugar se encuentra la alternativa 3 “Alimentación artificial” con 55 puntos, seguida de la alternativa 2, 6 y 1.

Por lo tanto se seleccionará para realizar un estudio más exhaustivo en los apartados siguientes, las alternativas 2 “Diques exentos sumergidos” y 3 “Alimentación artificial”, ya que la alternativa ganadora, número 5, es una combinación de ambas por lo que indirectamente se estará analizando, así como también se analizará la alternativa 4, ya que el espigón de control junto a la alimentación artificial parecen también una buena alternativa.

5. Análisis exhaustivo de la solución.

5.1. Diques exentos.

Las consideraciones principales a tener en cuenta en el diseño de diques exento sumergidos se basan en la forma que adquirirá la costa posteriormente. Es decir, si la zona de sombra que crean provocará la creación de tómbolos o hemitómbolos. En este proyecto se persigue lo segundo. Los parámetros a considerar son:

1) Orientación respecto a la orilla.

Suele depender de los oleajes que afectan a la costa, que son los del primer cuadrante. Aunque hay que tener en cuenta que todo el litoral de la provincia de Alicante es muy abierto, así que se suelen escoger paralelos.

2) Separación de la costa.

La separación de costa viene marcada por la profundidad a la que queramos colocar los diques. Para ello, consideramos una profundidad de unos 5 metros que se situaría a unos 150 metros aproximadamente de la playa, tomando como referencia el eje de la carretera contigua a la playa. Problemas con puerto Alicante.

3) Número, longitud y separación entre diques.

Estos parámetros son fundamentales a la hora de determinar cuál será el resguardo de la costa. Por ello, también será lo que determine si se formarán tómbolos o hemitómbolos. Una manera sencilla de prevenir la formación de los primeros es disponer una longitud menos que la distancia que los separa de la costa.

Especificar en esta parte del proyecto cuál será la solución ideal es de ardua dificultad precisarlo con exactitud. Teniendo en cuenta otros precedentes, parece una estimación correcta el colocar dos diques exentos sumergidos de una longitud de 100 metros cada uno separados 150 metros entre sí.

4) Cota de coronación.

Ya se estimó en un punto anterior de este anejo la conveniencia de que fueran sumergidos. La cota de coronación, en cualquier caso, estaría cercana al nivel medio del mar.

Estos serían los aspectos fundamentales a considerar en la construcción de los diques. Además, la alimentación artificial se realiza con el propósito de ampliar el ancho de la playa seca. Esta alimentación artificial y la zona de sombra creada por los diques conllevarán a una modificación de la planta de la playa.

El ancho de la playa seca que se ha de considerar se hallará en el anejo de Cálculos, pero previamente podemos remitirnos a lo expuesto en el apartado 1 de este anejo. Esto era que para una playa urbanizada debería tener una anchura aproximada de 55 metros.

Respecto a la forma en planta que adoptará la playa tras realizar la regeneración y la acción del oleaje, es común utilizar el denominado “compás de playa” o espiral logarítmica de ángulo constante de Carlos Garau. Todo ello, se verá más detenidamente en el anejo de Cálculos.

5.2. Alimentación artificial.

1) Ancho mínimo de playa. Planta y perfil de la playa regenerada.

La zonificación típica para una playa de uso lúdico intensivo es la siguiente: la zona activa o de inmersión, la zona de reposo o inactiva y la zona de servicios; todas ellas definidas por líneas paralelas a la línea de costa. Tomaremos esta zonificación como una referencia y no como una exigencia a cumplir estrictamente en el proyecto.

La zona activa o de inmersión es la franja colindante con la línea de costa. Su anchura se obtiene a partir de la pendiente de la playa donde se recomienda usar un 8% y el valor del Run-up. Esta zona se prevé que tenga entre 10 y 15 metros.

La zona de reposo o inactiva es la dedicada al uso terrestre de los usuarios de la costa y por tanto está en función de la demanda. Se decide adoptar una anchura de 25 metros.

Uno de los parámetros a tener en cuenta en los cálculos de la forma en planta que adoptará la playa seca es el ancho mínimo que se desea para la misma. Esta magnitud se obtiene como suma de las zonas activas y de reposo. La zona de servicios no entra en lo que se viene a denominar “área de playa seca”.

Finalmente para determinar el ancho de la playa seca para este caso concreto, se decide tomar un ancho total de 55 metros acorde a las recomendaciones (45 metros para playas no urbanizadas, 55 metros para playas urbanizadas).

2) Aportación de arena.

En cuanto a los métodos de aporte para crear el ancho mínimo de playa especificado, se emplazarán directamente los volúmenes necesarios en cada zona de la playa. Este primer proceso es muy sencillo, y consiste en verter desde los camiones que llegan cargados de arena a la playa seca, y repartirla con maquinaria de movimiento de tierra hasta conseguir la anchura precisa.

Una vez concluida la primera fase, la arena necesaria para completar el perfil de equilibrio definido para la playa sumergida se podrá aportar mediante el vertido en puntos separados de la costa o mediante el apilado en los primeros metros de la playa sumergida.

La arena de aportación va a proceder principalmente de las plantas de extracción y tratamiento de áridos. Por lo tanto, la fuente es terrestre, y para su utilización en la playa de Serragrossa necesitarán un proceso de machaqueo, clasificación, etc. Por costes y motivos ecológicos conviene no utilizar fuentes de origen marino.

5.3. Espigón de control.

En este caso construir un espigón de control en la zona sur de la playa de Serragrossa, es una solución que bien proyectada, consigue frenar el transporte longitudinal de sedimentos de forma parcial así como estabilizar tramos de playas concretos evitando la pérdida de material en gran medida.

Para el diseño de los espigones habrá que determinar el número de espigones a colocar, la longitud, dirección, cota de coronación, forma en planta y separación. Aunque en esta solución se plantea únicamente un espigón al final de la playa, así que el número de espigones ya está determinado.

1) Longitud.

Suele depender por la distancia, mar adentro, a la cual se encuentra la profundidad de rotura de los oleajes de temporal, normalmente, y por la cantidad de arena a interceptar. La misión del espigón es retener la arena colocada en la alimentación artificial y, para ello, será necesaria una longitud mínima. Las recomendaciones del Centro de Estudios de Puestos y Costas (CEPYC) estiman que la máxima efectividad se produce a una profundidad de 3,5 a 5,5 metros.

Por otro lado, hay que prever las posibles erosiones a sotamar de la estructura. Esto no es algo que deba condicionar nuestra obra, puesto que inmediatamente después del espigón se encontraría una defensa longitudinal de la costa con ausencia de arena luego no hay riesgo de erosión.

En esta fase del análisis solamente se hará un supuesto teniendo en cuenta lo que ya se conoce. Además hay que mencionar los siguientes criterios que dan la separación de espigones sabiendo su longitud. Aunque no sabemos la longitud, sí sabemos la distancia que guarda:

- El Shore Protection Manual recomienda: $L/d = 1/2-1/3$.

- Nagai coloca el intervalo entre $1/3$ y $1/4$.

Teniendo en cuenta lo comentado con anterioridad y sabiendo que los espigones actuales tienen una longitud de 80 metros aproximadamente. Haremos una suposición previa de un espigón de 130 metros.

2) Dirección y altura.

En casos donde los oleajes son variables, es más económico y eficaz el espigón ortogonal a la costa. Cuando son constantes es preferible orientarlos levemente hacia esa dirección, sin sobrepasar un máximo de 30º.

La altura de los espigones, cuando estos son a una cota constante, suele proyectarse entre 0,5 y 1,3 metros sobre el nivel del mar en zonas con escasa carrera de mareas. En este momento del estudio, se supone una altura de 1 metro.

5.4. Solución conjunta. Diques exentos, alimentación artificial y espigón de control.

Tras haber definido más claramente cómo será la realidad física de las alternativas, se podrá comparar con mayor claridad las ventajas o desventajas de una sobre la otra. Para que sea más visual, se adjuntan dos planos con la previsible solución.

Desde el punto de vista estético, está claro que los diques exentos ofrecen una mejor solución, puesto que no suponen visualmente ningún impedimento a la libre contemplación del medio.

En otras actuaciones donde se disponen un gran campo de espigones suponen un gran impacto visual, ya que compartimentan la playa. Esto supone una alteración al libre tránsito de la playa. Por el contrario, aquí se plantea un único espigón, así que la división en tramos es inexistente.

Desde el punto de vista funcional, los diques exentos plantean un problema al crear un obstáculo a la navegación de pequeñas embarcaciones de recreo, esta habría que subsanarla mediante la creación de un eficaz balizamiento.

Los problemas funcionales de la alternativa del espigón de control vienen por no suponer una defensa frente al oleaje y en caso de temporales estar la playa desprotegida frente al transporte transversal. Este problema se soluciona con un plan de mantenimiento mediante el cual cada cierto tiempo se debería realimentar la playa, aunque con unas cantidades inferiores que a las de la actuación primera.

Funcionalmente las soluciones son similares, puesto que lo que demanda el usuario es un ancho acorde a las necesidades ya dichas. En un principio, se señalaron los diques exentos junto a la alimentación artificial como la mejor solución, pero si a esta solución se le añade además un pequeño espigón de control, el transporte longitudinal a la costa se verá frenado en parte lo que permitirá una mayor duración de los áridos aportados durante los temporales lo que hará que no tengan que ser tan frecuentes las realimentaciones. Además de optarse sólo por la solución sin diques exentos la estabilidad del paseo se vería comprometida durante los temporales.

Es por ello, que desde el punto de vista funcional la creación de unos diques exentos con el añadido de una alimentación artificial y un espigón de control es mejor.

Desde el punto de vista ambiental no hay mucho que decir. Ambas alternativas suponen lo mismo en un medio muy antropizado, por lo que no se considera como un aspecto diferencial entre ambas.

En el aspecto económico, el espigón al ser una obra terrestre es más barato que los diques. Para disminuir costes, en ambos casos, se prevé la reutilización de los materiales provenientes de los espigones a dismantelar. También hay que señalar que en el caso de que un temporal arreciera contra el paseo, las pérdidas económicas aumentarían.

6. Conclusión.

El dique exento sumergido junto a un pequeño espigón de control, han resultado la técnica más adecuada para lograr la protección de la playa de Serragrossa, ya que estas actuaciones proporcionan los mayores niveles de funcionalidad y estética.

Además la aportación de áridos se plantea como una buena solución complementaria de ahí que se proponga su aplicación en combinación con la construcción de diques exentos sumergidos y el espigón de control. Para poder realizar dicha aportación será necesaria la demolición de lo que actualmente se encuentra detrás de la línea de playa para poder conseguir la anchura suficiente donde extender la arena de aportación.

La playa de Serragrossa no es un tramo aislado de costa si no que forma parte de una extensión de aproximadamente X Km de largo, que se puede considerar una playa continua entre Alicante y el Cabo de la Huerta. Por ello, se plantea esta actuación como una medida piloto en vías de evaluar la necesidad de ampliar las mismas medidas al resto de playas de este tramo.

Con el paso del tiempo se evaluara la funcionalidad de los diques, así como del espigón, con el objetivo de comprobar no sólo el nivel de protección otorgado sino también la posible regeneración de la playa por efecto de las obras. Es decir, evaluar si además de proteger, los se ha conseguido aumentar la retención de sedimentos ganando así anchura de playa seca, pero sin perjudicar las playas situadas al sur.

Finalmente, valorar las necesidades de aportación de arena para cumplir con los 55 metros de ancho de playa seca recomendados para playas urbanizadas.

En el planteamiento de la solución de aportación de arena se han considerado las necesidades máximas de arena, es decir, como si la aportación se tuviese que realizar en el estado actual o lo que es lo mismo como si una vez contruidos los diques y pasado un tiempo considerable, la playa no hubiese continuado erosionándose (debido al efecto de los diques y el espigón) pero tampoco hubiese aumentado su anchura debido a la captación de arena.

