



MEMORIA

Estudio de soluciones para la regeneración de la playa "Les Deveses" en el término municipal de Denia (Alicante).

Titulación: Ingeniería Civil

Curso: 2020/2021

Autor: Mataix Bel, César

Tutor: Molines Llodrá, Jorge

Cotutor: Serra Peris, José Cristóbal



ÍNDICE MEMORIA.

1. OBJETO DEL PROYECTO	2
2. ALCANCE	2
3. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	3
3.1. Localización de la actuación	3
3.2. Accesos	5
4. ESTADO ACTUAL	5
5. ESTUDIOS PREVIOS	8
5.1. Batimetría, Usos del suelo y DPMT	8
5.2. Clima marítimo	10
5.3. Geología, Geotecnia y Sedimentología	12
5.4. Dinámica litoral	12
5.5. Cambio climático	13
5.6. Evolución de la línea de costa	15
6. DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS	16
7. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	17
8. DESARROLLO ALTERNATIVA ESCOGIDA	20
9. BIBLIOGRAFÍA	27

1. OBJETO DEL PROYECTO

Este proyecto titulado *“Estudio de soluciones para la regeneración de la playa “Les Deveses” en el término municipal de Dénia (Alicante)”* tiene como objeto servir como Trabajo Final de Grado en la titulación de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica de Valencia. El autor del presente trabajo es César Mataix Bel, su tutor de trabajo es Jorge Molines Llodrá y su cotutor José Cristóbal Serra Peris.

Asimismo, los principales objetivos de este trabajo son:

- Estudiar la costa para así conocer las causas de la regresión y poder proponer y analizar diversas alternativas.
- Regenerar el litoral de la playa de les Deveses, devolviéndole un aspecto natural del que actualmente carece por la presencia de edificaciones y por la erosión que sufre.
- Conseguir que la playa sea menos vulnerable a la acción puntual de los temporales y conseguir la estabilidad de la playa frente a la dinámica litoral.
- Recuperar la línea de costa que ha sufrido importantes retrocesos.

2. ALCANCE

Para alcanzar los objetivos del trabajo se ha de realizar unos estudios previos para poder ser capaz de diagnosticar el tramo de costa y proponer soluciones viables social, económica y ambientalmente.

Estos estudios previos son:

- Análisis del clima marítimo y la dinámica litoral.
- Batimetría y evolución de la línea de costa.
- Estado actual de los usos del suelo y el dominio público marítimo terrestre.
- Posibles afecciones a posibles ecosistemas cercanos.

En base a estos estudios se va a realizar un estudio de posibles soluciones. Una de estas soluciones se estudiará y se desarrollará para así poder alcanzar los objetivos mencionados.

3. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

3.1 Localización de la actuación

El municipio de Denia pertenece a la Comunidad Valenciana (España) más concretamente a la provincia de Alicante. Este municipio costero es la capital de la comarca Marina Alta.

Situado en el límite entre la provincia de Valencia y la de Alicante, a unos 100 km de la ciudad de Alicante y a otros 100 km de la ciudad de Valencia, Denia tiene un total de 42.827 habitantes (INE 2020) distribuidos en siete núcleos urbanos: Casco Urbano, Las Rotas, Las Marinas, Campussos, La Pedrera, La Xara y Jesús Pobre. Con una superficie de 66 km² el término municipal se extiende a lo largo de 20 km de costa mediterránea.



Figura 1. Localización Denia mapa de España (Fuente: Wikipedia)



Figura 2. Localización Denia mapa de provincia (Fuente: Wikipedia)

Estudio de soluciones para la regeneración de la playa "Les Deveses" en el término municipal de Denia (Alicante).

El tramo que se va a someter a estudio queda comprendido entre el espigón de la playa de les Deveses y la playa de Santa Anna, que limita con el término municipal de Oliva. Este tramo que pertenece a Les Marines tiene aproximadamente una longitud de 2 kilómetros tal y como se muestra en la Ilustración 3.



Figura 3. Localización tramo de estudio (Fuente: Google Earth)

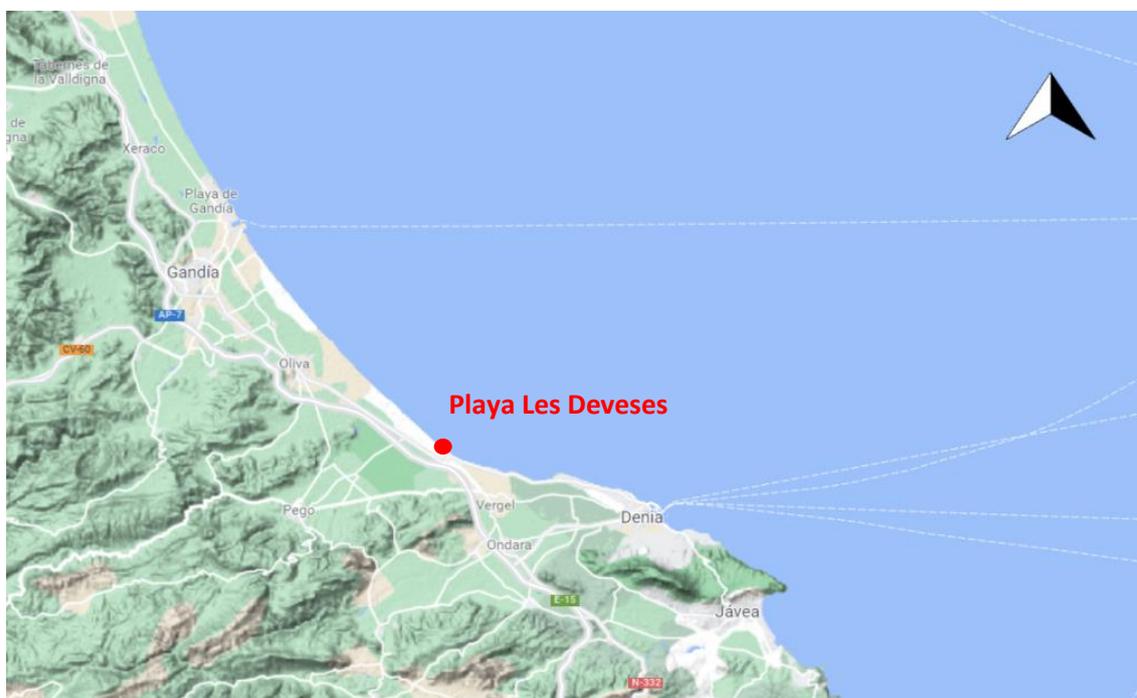


Figura 4: Localización del tramo de actuación (Fuente: Google Maps)

3.2 Accesos

Al municipio de Denia se puede acceder desde diferentes Vías de servicio. La vía de principal acceso es la actual AP-7 que conecta con la N-332. Esta vía de servicio no permite el acceso al municipio, pero enlaza con las carreteras CV-725 y CV-7301 que sí que lo permiten y recorren gran parte de él. En el sur el acceso se realiza mediante la CV-736 y la CV-735 que comunican el municipio de Denia con el de Jávea.

Además, el municipio se conecta por vía marítima a las Islas Baleares y tiene un ferrocarril de vía estrecha que comunica a Denia con la ciudad de Alicante. Este sistema ferroviario actualmente se encuentra obsoleto.



Figura 5: Vías de comunicación Denia (Fuente: Google Earth)

4. ESTADO ACTUAL

La playa de les Deveses se sitúa al norte del término municipal de Denia y se encuentra limitado por un espigón transversal al sur y por la playa de Anna al norte, que finaliza con el río El Racons. Longitudinalmente, la playa queda limitada por una serie de viviendas y por un cordón dunar muy deteriorado.

El tramo de estudio se puede dividir en dos subtramos ya que cada uno de ellos tiene unas características diferentes. El primer subtramo se encuentra al sur de la playa, junto al espigón de Les Deveses, y tiene una longitud aproximada de 500 metros. El otro subtramo tiene una longitud de 1500 metros y se encuentra al norte de la playa.



Figura 6: Subtramos playa de Les Deveses. (Fuente: Google Earth)

- Subtramo 1

En el subtramo 1 se puede apreciar que se han ejecutado diversas obras para estabilizar la playa y también para evitar que la acción del mar afecte a las edificaciones cercanas. Estas actuaciones se resumen en un espigón al final del tramo de costa y una serie de defensas longitudinales, compuestas por una protección de escollera y dos muros de hormigón.

El espigón hace de efecto barrera en el transporte de sedimentos, produciendo erosión a sotamar del espigón y sedimentación al otro lado del espigón.

La primera defensa longitudinal (color rojo en la Figura 7) está situada en la zona donde se produce erosión. Esta sirve para proteger a las edificaciones situadas en primera línea de playa de la acción del mar y protege a la costa de la erosión producida por el espigón.



Figura 7: Actuaciones subtramo 1 (Fuente: Google Earth)

La siguiente defensa longitudinal (color amarillo Figura 7) está compuesta por muros de hormigón, ejecutados para proteger a las edificaciones de la acción del mar, en este caso tanto en temporales como en régimen medio.

Estudio de soluciones para la regeneración de la playa "Les Deveses" en el término municipal de Denia (Alicante).



Figura 8: Defensa Longitudinal: Muros de hormigón subtramo 1 (Fuente: Elaboración propia)

- Subtramo 2

En el subtramo 2, al igual que en el subtramo 1, no hay cordón dunar, este ha sido sustituido por edificaciones en primera línea de playa. Hay en algunos tramos donde este cordón está aislado, aunque sigue intacto debido a que esas parcelas no tienen edificaciones.



Figura 9: Estado actual Subtramo 2 (Fuente Elaboración propia)

En esta zona la playa tiene más arena, la anchura va aumentando conforme te vas dirigiendo al norte, aumenta desde los 8 metros de anchura hasta los 36 metros.

Las edificaciones que están en primera línea de playa están protegidas mediante espigones longitudinales situados en las propias parcelas para protegerlas de la acción del mar.



Figura 10: Estado actual Subtramo 2 (Fuente: Elaboración propia)

Este subtramo está en regresión ya que la línea de costa está retrocediendo, pero no está en el estado erosivo en el que está el subtramo 1.

5. ESTUDIOS PREVIOS

5.1. Batimetría, Usos del suelo Y DPMT

En el Anejo 02: TOPOGRAFÍA, BATIMETRÍA, USOS DEL SUELO Y DPMT se estudia tanto la topografía como la batimetría de la zona de estudio, como los usos del suelo y el dominio público marítimo terrestre de la misma. Estos estudios son necesarios para poder adecuar la situación del tramo de costa y poder llevar a cabo el presente proyecto.

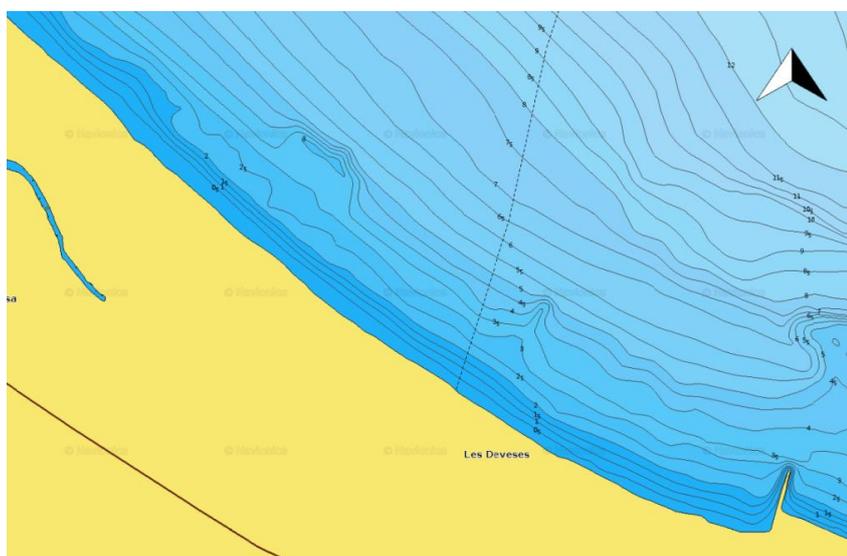


Figura 11: Batimetría Les Deveses (Fuente: Navionics)

Estudio de soluciones para la regeneración de la playa "Les Deveses" en el término municipal de Denia (Alicante).



Figura 12: Deslinde DPMT (Fuente: Visor DPMT)



Figura 13: Usos del suelo SIOSE 2015 (Fuente: Visor Cartográfico GVA)

Estudio de soluciones para la regeneración de la playa "Les Deveses" en el término municipal de Denia (Alicante).

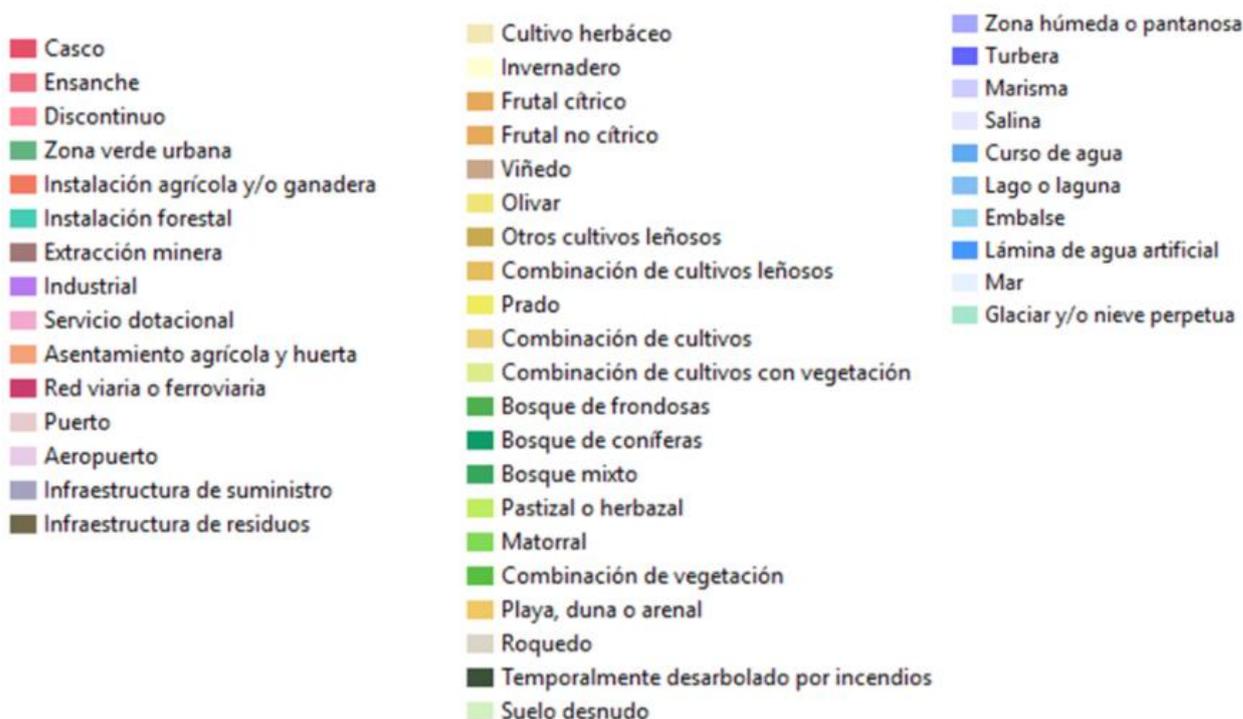


Figura 14: Leyenda SIOSE 2015 (Fuente: SIOSE Cubierta Terrestre).

5.2. Clima marítimo

En el Anejo 03: CLIMA MARÍTIMO se incluye todo el análisis de régimen de vientos, y de oleaje. También se analiza las corrientes, las mareas de la zona y los últimos temporales que ha sufrido el tramo de costa.

La Rosa de Vientos indica que la dirección predominante del viento es la Sur con presencia de vientos que superan los 8 m/s. la siguiente Dirección más frecuente es la Nord-Este.

Respecto al régimen de oleaje en la Rosa de Oleaje la dirección predominante es la NE, en ella la altura de ola significativa llega a superar los 2,5 metros, aunque predomina la altura de ola de entre 0,2 metros a 1 metro. Las otras direcciones de mayor importancia son las procedentes del Este.

Estudio de soluciones para la regeneración de la playa "Les Deveses" en el término municipal de Denia (Alicante).

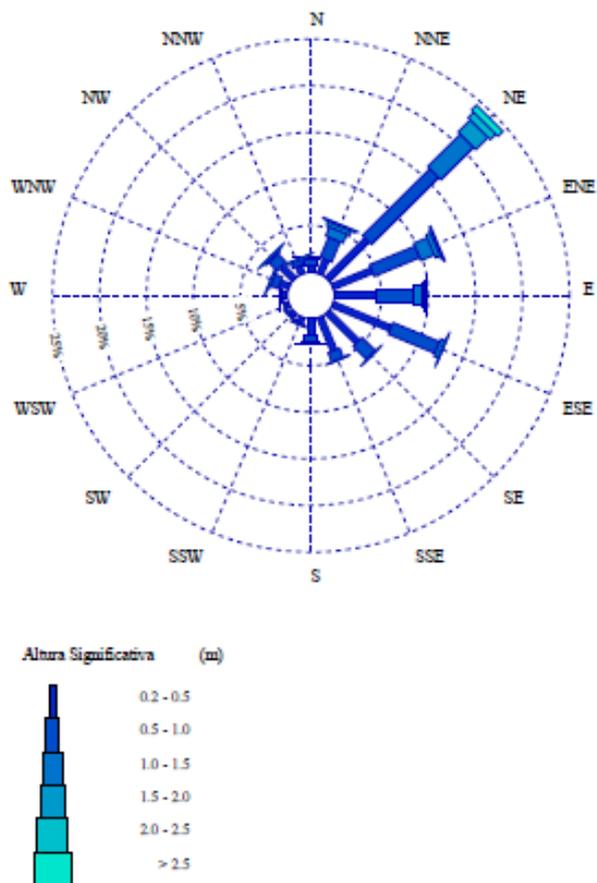


Figura 15: Rosa de Altura Significativa Anual enero 1958 - mayo 2017 (Fuente: Puertos del Estado)

Con toda esta información del oleaje, Puertos del Estado proporciona el Régimen medio anual del punto SIMAR y los regímenes medios direccionales. Esta caracterización del oleaje se ha realizado mediante la distribución Weibull y ha sido representada en una tabla exponencial, para que se puedan interpretar los datos de una forma sencilla.

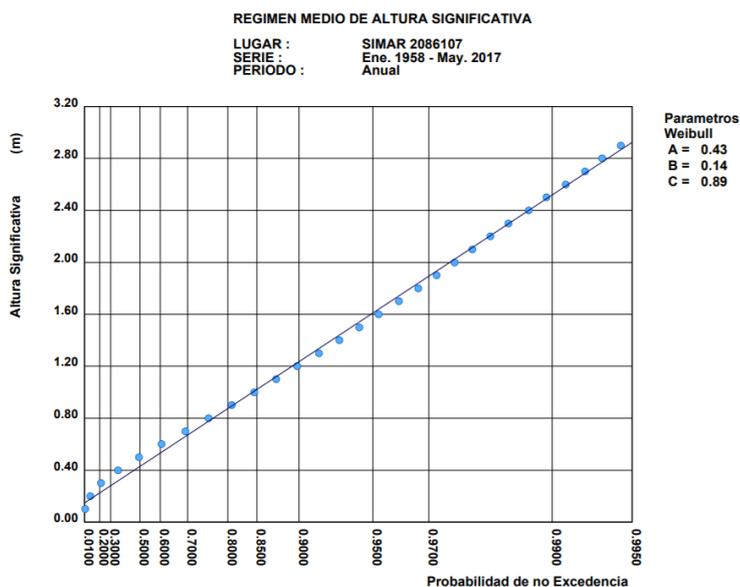


Figura 16: Régimen medio anual punto SIMAR (Fuente: Puertos del Estado)

5.3. Geología, Geotecnia y Sedimentología

En el Anejo 04: GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y SEDIMENTOLOGÍA, se ha realizado un estudio acerca del marco geotécnico y geológico de la zona de estudio. Esta información será útil para realizar un correcto dimensionamiento de las distintas actuaciones que se van a realizar, ya que permite conocer las características y condiciones del terreno.

Para el marco geológico se ha empleado la Hoja 796, división 30-31 huso 30 del Mapa Geológico de España (serie MAGNA 50) a escala 1:50.000

Por lo que respecta al marco geotécnico se ha empleado el mapa geotécnico proporcionado por el IGME, Mapa Geotécnico General – Hoja 8-8/64 (ALCOY) a escala 1:200.000.

Para conocer la morfología marina del tramo se ha consultado el Plan de Ecocartografías del litoral español, que lleva a cargo de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, en la provincia de Alicante.

5.4. Dinámica litoral

En el Anejo 05: DINÁMICA LITORAL se estudian los mecanismos físicos que afectan a la evolución y formación de la costa. Para ello se va a analizar el Flujo Medio de Energía (FME) y determinar la orientación del tramo de costa, con lo que se caracteriza el tramo de costa para posteriormente realizar la simulación de corrientes, estimar la profundidad de cierre y obtener el transporte de sedimentos.

Con todo esto también se comprueba que la dirección del transporte de sedimentos es inusual, va dirección SE-NW, debido al cambio de orientación de la costa.



Figura 17: Croquis sentido del transporte en el litoral de estudio. (Fuente: Proyecto Les Deveses)

Como conclusión del anejo se tiene que la costa de Denia es deficitaria, es decir, que su naturaleza es estar en regresión. Pero esto no solo se ha visto en la actualidad, sino que históricamente ha tenido unas erosiones en el tramo que va desde el puerto hasta la punta de L'Estanyó y a partir del espigón de la playa de Les Deveses.

5.5. Cambio climático

En el Anejo 06: CAMBIO CLIMÁTICO se estudia los efectos del cambio climático en el tramo de costa que se somete a estudio. Para ello se han empleado los diferentes escenarios que propone el IPCC, el escenario RCP4.5 y RCP8.5. Con estos escenarios y con la aplicación de los datos proporcionados por el C3E se analiza el aumento del nivel medio del mar y de la temperatura en el periodo de tiempo de 2081-2100.

ESCENARIOS DE EMISIONES	TRAYECTORIA REPRESENTATIVA DE CONCENTRACIONES (RCP)	CONCENTRACIÓN DE CO ₂ EN 2010 (PPM)	INCREMENTO DE TEMPERATURA (°C)	AUMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR (m)					
				2081 - 2100	2046 - 2065	2100	ESCENARIO	2200	2300
BAJO	2.6	421	1.0 [0.3 - 1.7]	0.24 [0.17 - 0.32]	0.44 [0.28 - 0.61]	BAJO	0.35	0.41	0.50
MEDIO BAJO	4.5	538	1.8 [1.1 - 2.6]	0.26 [0.19 - 0.33]	0.53 [0.36 - 0.71]	MEDIO	0.72	0.85	1.02
MEDIO ALTO	6.0	670	2.2 [1.4 - 3.1]	0.25 [0.18 - 0.32]	0.55 [0.38 - 0.73]	ALTO	0.58	0.92	1.51
ALTO	8.5	936	3.7 [2.6 - 4.8]	0.29 [0.22 - 0.38]	0.74 [0.52 - 0.98]		2.03	3.59	6.63

Tabla 1: Diferentes escenarios de emisiones (Fuente: Cambio climático costa española).

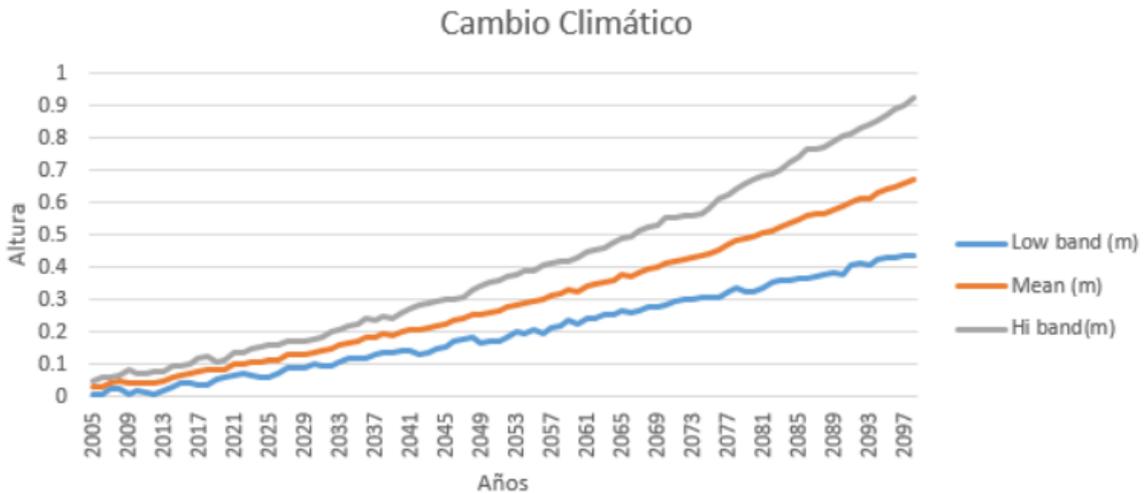


Figura 18: Altura debido al cambio climático C3E. (Fuente: Jorge Molines Llodrá)

Como bien se aprecia en la tabla, el aumento del nivel del mar a nivel global para el RCP4.5 será de aproximadamente 0.53 metros en 2100. Esto se ajusta bastante a los datos obtenidos por el C3E, al igual que el aumento en el escenario RCP8.5 será de 0,74 metros aproximadamente en el mismo año.

Estudio de soluciones para la regeneración de la playa "Les Deveses" en el término municipal de Denia (Alicante).

Con estos resultados se ha calculado la cota de inundación que afectará al tramo de costa. Para ello obtener dicha cota se ha empleado el siguiente procedimiento:

$$CI = 0,2 * Hs + CC + CM$$

- CI: Cota de Inundación (m).
- Hs: Altura de ola significativa.
- CC: Altura originada por el Cambio Climático.
- CM: Carrea de Marea (Marea Meteorológica + Marea Astronómica).

Con este procedimiento se obtiene:

- Para el año 2050:

$$CI = 0,82 + 0,26 + (0,2 * 0,3) = \mathbf{1,14\ m}$$

- Para el año 2098:

$$CI = 0,82 + 0,67 + (0,2 * 0,3) = \mathbf{1,55\ m}$$

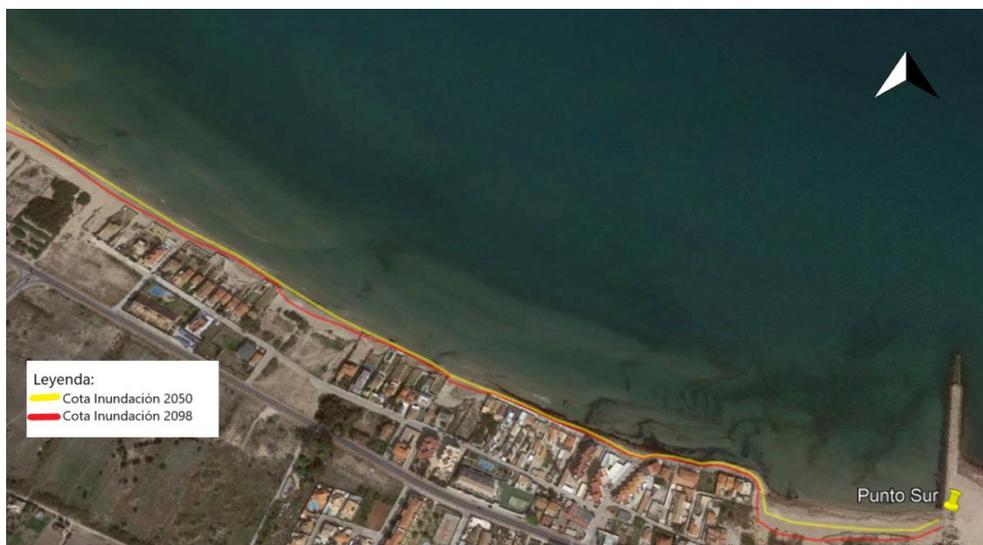


Figura 19: Croquis Cota de Inundación Playa Les Deveses (Fuente: Elaboración propia)

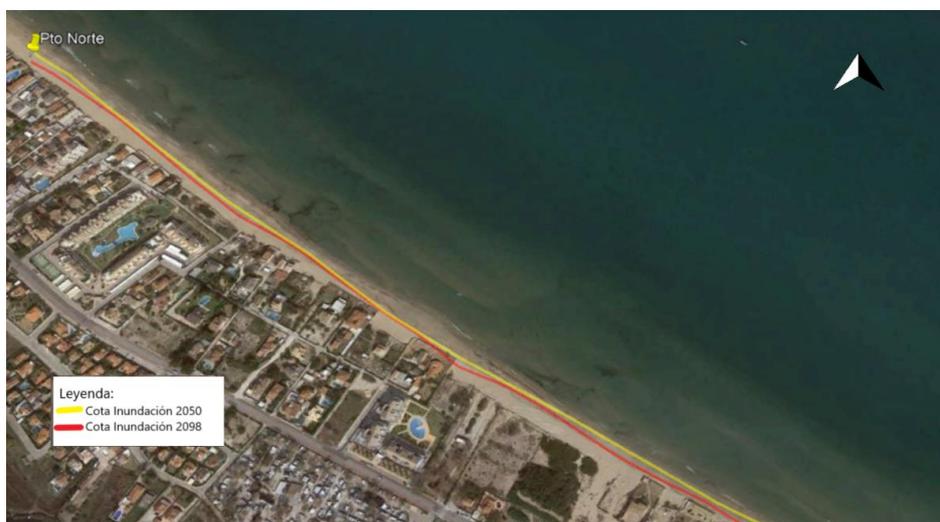


Figura 20: Croquis Cota de Inundación Playa Les Deveses (Fuente: Elaboración propia)

Estudio de soluciones para la regeneración de la playa "Les Deveses" en el término municipal de Denia (Alicante).

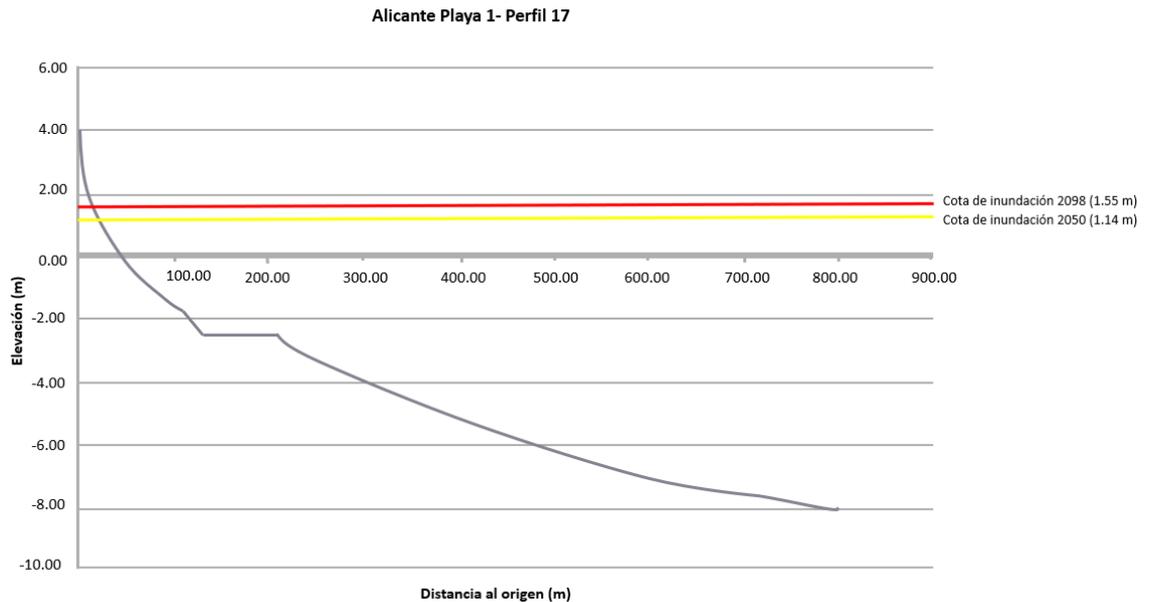


Figura 21: Croquis perfil de playa con cota de inundación. (Fuente: Elaboración propia)

En la Ilustración 16 se aprecia que el nivel del agua dejaría prácticamente toda la playa existente bajo el agua. Las edificaciones que se sitúan al lado del espigón no se verían muy afectadas debido a la existencia de los muros y del espigón longitudinal, pero las que están más al norte sí podrían verse comprometidas. En las zonas que no tienen edificaciones el nivel del agua se adentra hasta las dunas existentes.

En la Ilustración 17 el nivel del agua afectaría a pocas edificaciones aisladas, y no dejaría toda la playa sumergida. Esto es debido a que la anchura de la playa en este tramo es mayor y las edificaciones se sitúan un poco más alejadas de la línea de costa.

Respecto al aumento de temperatura, la tabla muestra valores un poco inferiores a los que se han analizado con el C3E. En el escenario RCP4.5 se muestra un aumento de 2,6°C en el año 2100 y en el escenario RCP8.5 un aumento de 4.8°C. Esta tabla no diferencia entre el aumento de temperatura que sufre el mar y el que sufre la superficie terrestre.

5.6. Evolución de la línea de costa

En el Anejo 07: EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA se realiza un estudio de cómo va evolucionando la costa a lo largo de los años. Este estudio se separa en tres periodos que están delimitados por algún tipo de actuación sobre la costa.

El primer intervalo de tiempo es entre el 1946-1981, donde la costa está en el estado más natural. En este periodo de tiempo la playa tiene una anchura mínima de 40 metros y una anchura máxima de 60 metros, aproximadamente.

El segundo intervalo de tiempo es de 1981-2002, que es el periodo de tiempo donde se ejecutaron la mayoría de las viviendas en la primera línea de costa y la ejecución de varios espigones en toda la costa de Denia. En este periodo la playa tiene una anchura mínima de 20 metros y una anchura máxima de 45 metros, aproximadamente.

Y el último intervalo es del 2002- Actualidad, donde se muestra la costa en el estado actual, tras haberse construido los tres espigones de la playa de Les Deveses. En este último periodo la anchura mínima de la playa es de 8 metros, aunque en algunos tramos es prácticamente inexistente, y la anchura máxima es de 36 metros, aproximadamente.



Figura 22: Croquis evolución línea de costa 1956-2005 (Fuente: Elaboración propia)

Como conclusión se tiene que, si a estas actuaciones se le suma la propia tendencia erosiva de la costa de Denia, se obtiene esta situación actual. Una situación en la que la línea de costa ha ido retrocediendo, debido a la erosión, hasta llegar a las edificaciones de primera línea, haciendo que ya no exista playa en ciertos tramos. Este retroceso ha sido aproximadamente de unos 30 metros a lo largo del tramo de estudio.

6. DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS

Como se ha ido estudiando hasta ahora el tramo de estudio de la playa se muestra en regresión debido a una serie de problemas o factores.

Estos problemas se pueden resumir en:

- **Carácter erosivo de la costa.**

Como se ha comprobado en el Anejo 06: EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA y en el Anejo 04: DINÁMICA LITORAL, la playa de Les Deveses tiene un carácter erosivo. Antes de que se ejecutaran las actuaciones y se invadiera el cordón litoral se mostraba una tendencia a la erosión que era equilibrada por el sistema dunar.

Este carácter erosivo es originado por la curvatura que forma el Golfo de Valencia. A partir del Puerto de Oliva la curvatura comienza a ser mayor, provocando que la dirección de la costa varíe poco a poco y provocando a su vez que esta zona se comporte como una bahía. Estos dos efectos generan un cambio en el sentido de transporte de sedimentos.

De Oliva hasta el río Racons el transporte va dirección NW-SE y en la costa de Denia la dirección va de SE-NW. Esto hace que en la playa de Les Deveses se genere un transporte de

sedimentos bajo, ya que es donde la dirección cambia. esto más el poco volumen de transporte de sedimentos en la costa de Denia generan este estado de erosión.

- **Efecto Barrera del espigón de Les Deveses.**

El espigón situado al sur de la playa de Les Deveses hace de efecto barrera en el transporte de sedimentos. Como se ha comprobado con anterioridad, el espigón produce erosión a sotamar, justo en la playa de Les Deveses, y almacena sedimentos al otro lado del espigón. Esto produce un desequilibrio en el tramo de costa de Les Deveses.

- **Destrucción cordón dunar.**

La tendencia a edificar en la costa de Les Deveses en los últimos años ha provocado la destrucción casi total del cordón dunar. Esto provoca un desequilibrio en la costa ya que el sistema dunar regula los sedimentos en dirección transversal a la costa.

Por otra parte, la destrucción de dicho cordón también conlleva a la destrucción del ecosistema propio de los sistemas dunares.

- **Dominio Público Marítimo Terrestre.**

Como se ha estudiado y analizado en el Anejo 02: TOPOGRAFÍA, BATIMETRÍA, USOS DEL SUELO Y DPMT la mayor parte de la longitud de la costa está invadida por edificaciones que no cumplen las servidumbres exigidas por la Ley de Costas.

Esto origina una serie de problemáticas relacionado con la destrucción del cordón dunar y las inundaciones.

- **Inundación.**

El propio estado de la costa, los fuertes temporales que producen cada vez más daños y el aumento del nivel del mar debido al cambio climático generan un riesgo de inundación en prácticamente toda la playa de Les Deveses.

7. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

A partir de todos los estudios realizados y observando las diversas problemáticas se van a plantear diversas alternativas para el tramo de costa de Les Deveses.

Estas alternativas tienen como objetivos resolver las problemáticas expuestas y devolver a la costa al estado de equilibrio.

Para analizar la alternativa más favorable se ha realizado un estudio comparativo basándose en los siguientes aspectos:

- Nivel de impacto ambiental.
- Alcance de la recuperación de la línea de costa.
- Grado de efectividad.
- Estimación del presupuesto.
- Estimación de los volúmenes necesarios de aportación de material.

Las alternativas son las siguientes:

- **Alternativa 0: No actuación.**

Esta alternativa se tiene que considerar en todos los proyectos de regeneración de costas. Consiste principalmente en no actuar y dejar la playa en el estado actual. Hay que tenerla en cuenta porque en ocasiones es mejor no actuar debido a las características de la costa.

En esta alternativa se deja que la línea de costa del tramo de estudio siga evolucionando según el carácter erosivo de la costa y del transporte de sedimentos sin realizar ningún tipo de actuación o de intervención.

Como se ha observado y analizado en la evolución de la línea de costa, al igual que en la dinámica litoral, la libre evolución del tramo de costa no es sostenible, ya que el tramo de Les Deveses se encuentra en estado crítico debido a la erosión.

En esta alternativa no se ejecuta ninguna actuación evitando así cualquier afección al medio natural en las zonas tanto de dragado como de vertido. También evitando el impacto que generan las obras de protección y regeneración.

- **Alternativa 1: Alimentación artificial y diques exentos.**

Esta alternativa consiste en una propuesta de equilibrio dinámico con la ejecución de un dique exento situado a unos 300 metros desde la línea de costa. Este dique exento estará totalmente sumergido y tendrá como mínimo un metro de lámina libre de agua.

Al ser una propuesta de equilibrio dinámico este dique exento funcionará como estructura de protección y contención lateral de sedimentos. Pero para ello primero se ha de establecer un ancho mínimo de la playa. Este ancho mínimo se tendrá que obtener mediante alimentación artificial, ganando terreno al mar y aunque se podría realizar alguna expropiación en las zonas donde no se respete la línea de Dominio Público Marítimo Terrestre, en este caso no se van a realizar ninguna.

Este nuevo frente litoral estará compuesto por la playa seca con un ancho mínimo y por el sistema dunar completamente regenerado.

Como se trata de un equilibrio dinámico se prevé que se produzca un transporte de sedimentos.

- **Alternativa 2: Alimentación artificial y espigones en L.**

Para la alternativa 2 se va a ejecutar 2 espigones en forma de L dividiendo el tramo de estudio en 2.

Tramo 1.

El tramo comienza en la parte más al norte del tramo de estudio y acaba en el nuevo espigón en forma de L, situado a unos 1000 metros del comienzo del tramo.

El nuevo espigón en forma de L va a estar totalmente emergido y el martillo del espigón va a estar orientado hacia el norte de la playa, es decir, siguiendo con el transporte litoral. El espigón va a ser rebasable por lo que va a ser una barrera parcial en el transporte de sedimentos.

Para conseguir el ancho mínimo en la playa, realizando una regeneración dunar y consiguiendo el perfil de equilibrio en todo el tramo, se va a realizar una alimentación artificial. Dicha alimentación artificial se ejecutará de una forma muy similar a la alternativa 1.

Tramo 2.

El tramo está comprendido entre los dos espigones, el nuevo espigón situado al norte y el espigón al final de la playa de Les Deveses.

Ambos espigones tienen forma de L, con el martillo orientado en el sentido del transporte de sedimentos. Para conseguir esto se va a prolongar el espigón existente de tal forma que quede como se ha definido anteriormente.

En este tramo también se va a realizar una alimentación artificial para la regeneración de las dunas y la estabilización de los perfiles del tramo.

Con la ejecución de estos dos tramos se busca hacer una playa de bolsillo en el tramo dos, reconduciendo los sedimentos que han sido transportados por las corrientes a lo largo de la playa. Esto significa que hay que generar una regeneración dura en el tramo 2 y una regeneración dinámica en el tramo 1, tal y como ocurre en el tramo de Meliana.

Los espigones serán rebasables para no interrumpir de manera total el transporte de sedimentos.

Este estudio de las alternativas se puede encontrar en el Anejo 08: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.

Siendo la Alternativa 1 la escogida para la regeneración del tramo de costa.

8. DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA ESCOGIDA

Como se ha mencionado en el apartado anterior, la alternativa seleccionada para la regeneración del tramo de estudio es la Alternativa 1: Alimentación artificial y diques exentos.

El desarrollo de esta alternativa se encuentra en el Anejo 08: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.

Para realizar dicha actuación se ha dimensionado los siguientes elementos:

Dique Exento.

1. Altura de ola para el cálculo

En primer lugar, se dimensiona el dique exento en planta y en alzado. Para ello se va a emplear la misma metodología que para el cálculo de diques exentos sumergidos.

Para comenzar con el dimensionamiento de los diques se ha de calcular la altura de ola de cálculo (Hcal). Dependiendo de esta altura de ola, las olas que afecten a las obras de protección y regeneración de la playa corresponden o al régimen de oleaje de olas ya rotas (Hb) o al régimen original en aguas profundas (Hso), sin que se produzca rotura de oleaje.

Realizando los cálculos correspondientes se obtiene:

$$\mathbf{Hcal = Hb = 3.6 \text{ metros}}$$

2. Geometría y material de la sección transversal

Para el diseño de la geometría de la sección transversal se va a suponer unos valores aproximados y se van a trabajar con ellos. Una vez prediseñada la sección transversal se hará las comprobaciones necesarias para determinar si su diseño es correcto o se hay que modificarlo.

Por ello se van a definir los siguientes parámetros:

- Situados a 4.5 metros de profundidad.
- Cota de coronación a -1 metro del NMM.
- Altura del dique 3.5 metros.
- Talud del dique 1:2.
- Dique multicapa.
- Ancho de coronación 13 metros

Con estos parámetros que se justificarán más adelante hay que definir la estructura y los distintos materiales del dique. En este caso en el predimensionamiento se definen tres capas:

- Manto principal de escollera
- Manto secundario, filtro.
- Núcleo formado por todo-uno de cantera.

Para el cálculo de los pesos de las diferentes capas se va a emplear la fórmula ofrecida por el SPM, que es la fórmula de Iribarren modificada por Hudson:

Estudio de soluciones para la regeneración de la playa "Les Deveses" en el término municipal de Denia (Alicante).

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{(S_r - 1)^3 k_\alpha \cot \alpha}$$

Empleando la metodología SPM se obtiene que las distintas capas están formadas por:

Capa		Peso (W)	Espesor (m)
Manto Principal	Cuerpo	2.1 Tn	1.84
	Morro	2.1 Tn	1.84
Manto Secundario	Cuerpo	210 kg	0.43
	Morro	210 kg	0.43
Núcleo central		1-11 kg	

Tabla 2: Resumen pesos y espesores de las capas del dique. (Fuente: Elaboración propia)

Conforme el SPM estas capas pueden variar a lo largo de un intervalo, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Capa		Variación	Peso mínimo	Peso máximo
Manto Principal	Cuerpo	75%-125%	1.6 Tn	2.63 Tn
	Morro	75%-125%	1.6 Tn	2.63 Tn
Manto Secundario	Cuerpo	70%-130%	147 kg	273 kg
	Morro	70%-130%	148 kg	274 kg
Núcleo central		30%-170%	1 kg	18 kg

Tabla 3: Intervalo de pesos en las capas del dique. (Fuente: Elaboración propia)

Una vez definido los pesos y los espesores hay que comprobar si el ancho de coronación propuesto cumple con los anchos mínimos establecidos por el SPM. Los anchos mínimos que se emplean en el manual son:

$$B \geq n \times k_\Delta \times \sqrt[2]{\frac{W}{\rho s}}$$

Cada uno de los parámetros han sido definido con anterioridad.

El resultado para el ancho de coronación del dique es:

$$B_{\min} = 1.76 \text{ m}$$

Por lo que se toma $B = 13 > 1.76 \text{ m}$

Tomar una anchura mucho mayor que la mínima parece un error desde el punto de vista económico. Pero desde el punto de vista de ejecución del dique es más que justificable.

El dique exento debe tener una plataforma de trabajo que no esté sumergida, por lo que en fase de ejecución la cota de coronación va a ser superior al NMM, unos 0.5m por encima del NMM. Por lo que en esta fase el ancho de la coronación tiene que ser tal que pueda permitir la circulación y el funcionamiento de la maquinaria necesaria. Una vez acabado la fase de ejecución el dique se "rebaja" hasta la cota diseñada.

Suponiendo una anchura de coronación de 5.5 metros en la fase de ejecución, suficiente como para que pueda trabajar la maquinaria correspondiente, se queda tras la retirada del material una anchura final de 13 metros.

Por otro lado, para evitar problemas de socavación se proyectan unas bermas a los lados del dique. Estas bermas tendrán una anchura de 1.5 metros y una altura de 0.5 metros. Envolverá todo el dique, incluyendo el morro y el cuerpo y estarán compuestos por el mismo material que el manto secundario.

3. Distribución en planta de los diques

Para poder definir la distribución en planta de forma adecuada se ha de determinar los siguientes parámetros:

- Orientación del dique respecto a la orilla
- Distancia de la línea de costa y calado del dique
- Número de diques, longitud y separación entre ellos

Orientación del dique respecto a la orilla.

Es recomendable que la orientación de los diques exentos sea perpendicular al oleaje, pero en la práctica se suele orientar paralelo a la costa. Ya que si se orienta perpendicular al oleaje se formaría un ángulo con la línea de costa, por lo que no es la mejor opción para una playa como la de Les Deveses.

Distancia de la línea de costa y calado del dique.

Estos se van a situar a una profundidad aproximada de 4.5 metros, por lo que analizando la batimetría de la zona se tiene que van a estar aproximadamente a unos 330 metros de la línea de la playa.

Número de diques, longitud y separación entre ellos

Teniendo un tramo de estudio de aproximadamente de 2000 metros, se van a colocar un total de dos diques de una longitud de 180 metros y una separación entre ellos de 850 metros.

Regeneración dunar.

La anchura mínima de los cordones dunares se ha fijado en 8 metros y la máxima varía en función del estado de cada tramo.

Las longitudes oscilan desde 25 metros hasta 200 metros, ya que dependen de la tipología de cada tramo y el máximo viene definido por la Servidumbre de acceso al mar de la Ley 22/1988.

Estos 200 metros se establecen para crear accesos a la playa mediante pasarelas longitudinales de 2 metros de ancho. Esto es debido a que una de las causas principales de la erosión de la duna es la pisotear de forma constante e indiscriminada la vegetación de la duna, por esa razón se decide fragmentar el sistema dunar.

Para el acceso rodado a las playas se generarán accesos cada 500 metros a través de las dunas, al igual que se hace con las pasarelas longitudinales.

Estudio de soluciones para la regeneración de la playa "Les Deveses" en el término municipal de Denia (Alicante).

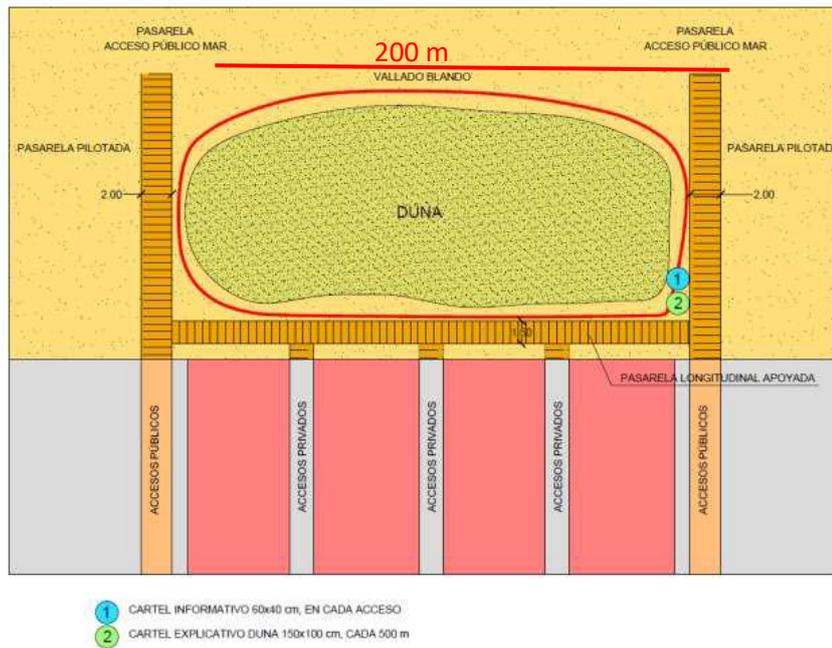


Figura 23: Esquema de configuración de la duna. (Fuente: Proyecto de Les Deveses)

Alimentación artificial.

Para que la actuación de los diques sea eficaz, es necesario complementarla con aportación de arenas en las zonas más críticas del tramo de estudio.



Figura 24: Anchura mínima de playa. (Fuente: Volumen III)

Como en la alternativa se va a regenerar también el sistema dunar, el ancho mínimo final será de 45 metros, aunque realmente el ancho de playa que hay que regenerar es mayor (Playa seca + Escarpe), por lo que se considera un ancho total de 75 metros, ya que la anchura de las dunas regeneradas será desde 20 metros hasta 40 metros, por lo que selecciona una anchura media de 30 metros.

Volumen de aportación de la playa seca

Una vez conocido el perfil que se quiere implantar, que es el perfil de equilibrio, se calcula el volumen de los áridos necesarios para llevar a cabo ese perfil. Para ello se van a definir diferentes perfiles situados a lo largo del tramo de estudio y se va a aplicar la siguiente ecuación.

Estudio de soluciones para la regeneración de la playa "Les Deveses" en el término municipal de Denia (Alicante).

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

Siendo:

- V = Volumen teórico entre perfiles (m³)
- $A_n + A_{n+1}$ = Áreas de perfiles consecutivos (m²)
- d = Distancia entre perfiles consecutivos (m)

Con ello se calculará el volumen de arena necesario para tener una playa de 75 metros de ancho. Para ello se ha empleado la profundidad de cierre $d_1=5\text{m}$ y se ha multiplicado por la anchura de la playa que es de 45 metros.

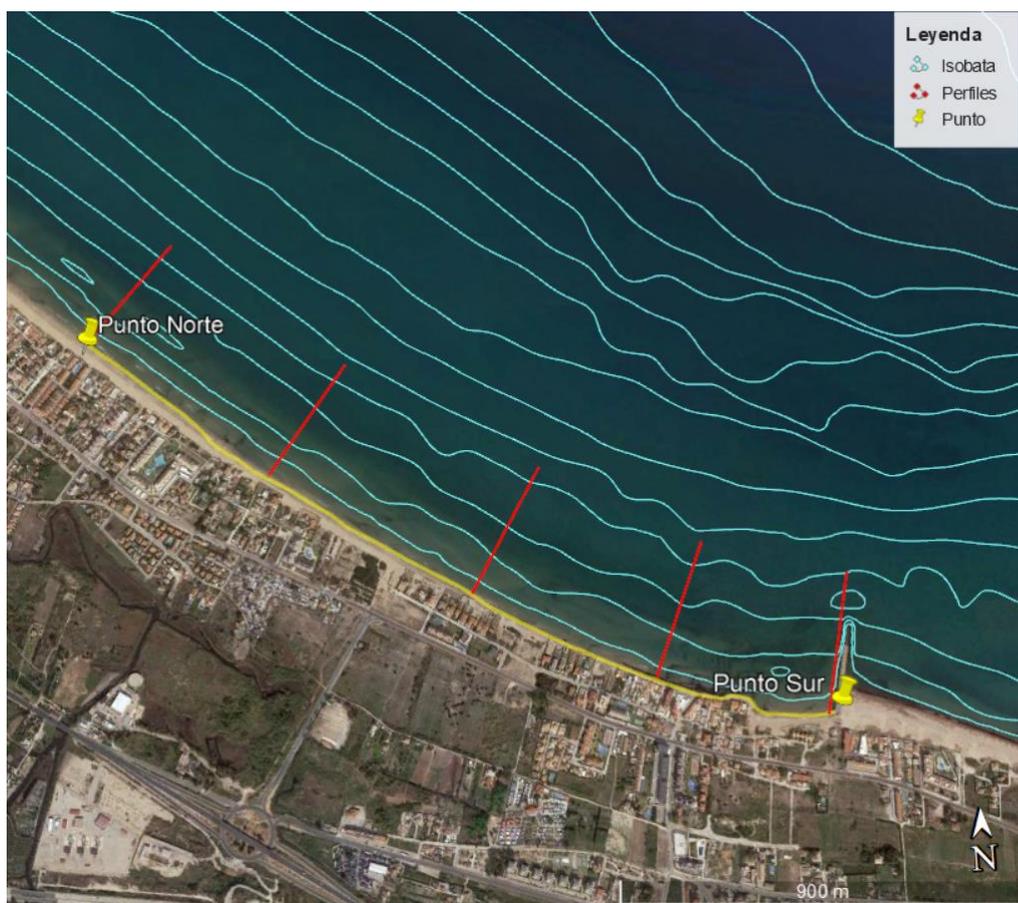


Figura 25: División del tramo en perfiles. (Fuente: Elaboración propia)

Aplicando la anterior ecuación se tiene:

TRAMOS	DISTANCIA (m)	VOLUMEN (m ³)
Punto Norte - P1	552.41	124292.25
P1-P2	554.69	124805.25
P2-P3	462.73	104114.25
P3- Punto Sur	391.83	88161.75
VOLUMEN TOTAL		441373.50

Tabla 4: Volumen aproximado de la alimentación artificial. (Fuente: Elaboración propia)

Volumen de aportación del sistema dunar

Por lo que el volumen total de aportación del sistema dunar es:

$$V = \sum V_{\text{regeneración}} = 22804 \text{ m}^3$$

Por lo que el volumen final de alimentación artificial es de:

$$V_{\text{tot}} = 22804 + 441373,50 = 464177,5 \text{ m}^3$$

Como la granulometría del material de aportación no es idéntica a la del material de la playa, se tendrá que adoptar un factor de sobrealimentación para compensar las pérdidas debido a diferentes granulometrías. Dicho factor de sobrealimentación es de 2.

$$V_{\text{tot}} = 2 * 464177,5 = 928.355 \text{ m}^3$$

Procedencia de materiales y proceso constructivo.

Tanto el proceso constructivo como la procedencia de los materiales que se van a emplear para la ejecución de la alternativa, están definidos y detallados en el Anejo 08: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.

La arena que se empleará para la regeneración costera será de origen marino, extraída tal y como se indica en la "Resolución de 20 de septiembre de 2013, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente". En esta resolución se permite la extracción de arenas en aguas profundas, para la regeneración y alimentación de las playas de Valencia, del yacimiento situado entre Valencia y Cullera.

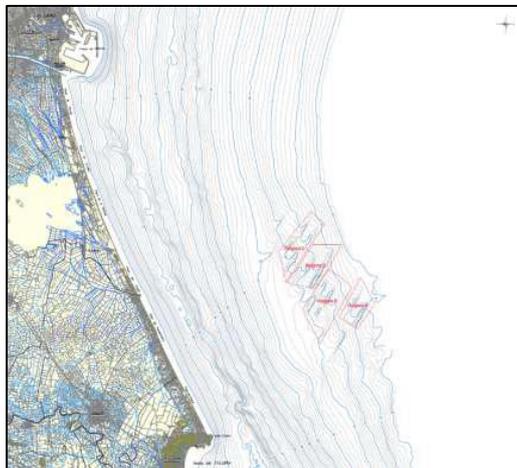


Figura 26: Localización yacimiento de materiales. (Fuente: Proyecto de Les Deveses)

Dicho yacimiento está situado a una profundidad de entre 60 y 80 metros de profundidad a lo largo de 26 km². La arena de este yacimiento tiene un D₅₀ = 0.30 mm, por lo que al volumen calculado habrá que aplicarle un factor de sobrealimentación.

Para la obtención del material se empleará dragas de succión de dimensiones adecuadas para el volumen que se necesita extraer. La draga extraerá el material y lo almacenará en su interior para su posterior descarga.

Estudio de soluciones para la regeneración de la playa "Les Deveses" en el término municipal de Denia (Alicante).

Dicha descarga se llevará acabo desplazando la draga hasta los diferentes puntos de vertido. La draga pondrá el material en suspensión y lo trasladará mediante una bomba a tierra para realizar la regeneración de la playa.

Valoración económica.

Para hacer una aproximación del coste de esta alternativa se va a emplear la base de precios del IVE (Instituto Valenciano de la Edificación).

Tras un análisis básico del coste de ejecución detallado en el Anejo 08: EESTUDIO DE ALTERNATIVAS, se tiene que la alternativa 1 tiene un coste total de 11.576.373,69 € (ONCE MILLONES QUINIENTOS SETENTA Y SEIS MIL TRESCIENTOS SETENTA Y TRES EUROS Y SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS)

9. BIBLIOGRAFÍA

1. *Agenda2030—Objetivos*. (2 de septiembre de 2021). Recuperado de <https://www.agenda2030.gob.es/objetivos/home.htm>
2. *Atlas of Global and Regional Climate Projections—IPCC*. (1 de septiembre de 2021). Recuperado de <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/atlas-of-global-and-regional-climate-projections/>
3. *CAMBIO CLIMÁTICO - IDEAM*. (s. f.). Recuperado 31 de agosto de 2021, de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>
4. DIRECCIÓN GENERAL DE SOSTENIBILIDAD DE LA COSTA Y DEL MAR (2016) *Cambio climático costa Española* [Archivo PDF].
5. Campan Vázquez, D. *Características Hidrográficas Generales*. [Archivo PDF].
6. *Conócenos—Generalitat Valenciana*. (1 de septiembre de 2021). Recuperado de <https://parquesnaturales.gva.es/es/web/pn-el-montgo/conocenos>
7. *Cubierta Terrestre SIOSE*. (29 de agosto de 2021). Recuperado de <https://www.siose.es/cubierta-terrestre>
8. *El municipio en cifras:Ajuntament de Dénia*: (4 de junio de 2021). Recuperado de <https://denia.portaldelcomerciante.com/es/municipio/cifras>
9. Esteban Chapapría, V. (2004). *Obras Marítimas*, Valencia.
10. *Fototeca*. (1 de septiembre de 2021). Recuperado de https://visor.gva.es/visor_fototeca/
11. *INE. Instituto Nacional de Estadística*. (5 de junio de 2021). INE. Recuperado de <https://www.ine.es/index.htm>
12. *La Marina Alta*. (5 de junio de 2021). Dénia. Recuperado de <http://www.denia.net/la-marina-alta>

13. Nacional, I. G. (1 de septiembre de 2021). *Comparador de Ortofotos PNOA del IGN*. Comparador de Ortofotos PNOA del IGN. Recuperado de https://www.ign.es/web/comparador_pnoa/index.html
14. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. *OBM_Tema 18 Estudio y caracterización de la costa* [Archivo PDF].
15. *Parque Natural El Montgó—Generalitat Valenciana*. (1 de septiembre de 2021). Recuperado de <https://parquesnaturales.gva.es/es/web/pn-el-montgo>
16. *Parque Natural Marjal de Pego-Oliva—Generalitat Valenciana*. (1 de septiembre de 2021). Recuperado de <https://parquesnaturales.gva.es/es/web/pn-marjal-de-pegno-oliva>
17. *Población por sexo, municipios, nacionalidad (español/extranjero) y edad (grandes grupos)(33587)*. (5 de junio de 2021). INE. Recuperado de <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=33587#!tabs-tabla>
18. *Predicción de oleaje, nivel del mar; Boyas y mareógrafos / puertos.es*. (19 de julio de 2021). Recuperado de <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>
19. *Preguntas frecuentes sobre la ley de costas y su aplicación*. (29 de agosto de 2021). Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/costas/preguntas-frecuentes/index2010-10-29_22.56.32.8360.aspx#para5
20. ALONSO HERAS, J. (2018). *Proyecto Les Deveses*. [Archivo PDF].
21. *ROM 0_3-91.pdf*. (4 de agosto de 2021). Recuperado de https://widispe.puertos.es/rom/storage/public/docROM/ROM%200_3-91.pdf
22. *ROM-widispe / puertos.es*. (15 de julio de 2021). Recuperado de <http://www.puertos.es/en-us/ROM/Pages/ROM-widispe.aspx>
23. PUERTOS DEL ESTADO. *Simar, N. CLIMA MEDIO DE OLEAJE*. 86.

24. *VISOR C3E*. (28 de agosto de 2021). Recuperado, de <https://c3e.ihcantabria.com/>
25. *Visor cartogràfic de la Generalitat*. (1 de septiembre de 2021). Recuperado de <https://visor.gva.es/visor/?idioma=es>
26. *Visor cartográfico de España*. (28 de agosto de 2021). GeaMap.com: visualiza mapas online. Recuperado de <http://www.geamap.com/es/espana>
27. *Visor del Dominio Público Marítimo y Terrestre*. (29 de agosto de 2021). Recuperado de <https://sig.mapama.gob.es/dpmt/>
28. PUERTOS DEL ESTADO. Wana, N. *CLIMA MEDIO DE VIENTO*. 45.
29. *Base de datos de construcción*. IVE. (29 de noviembre de 2021). Recuperado de <https://bdc.f-ive.es/BDC21/1>
30. *Ficha Playa Les Deveses*. [Archivo PDF].
31. *Magna50_796.pdf*. (3 de noviembre de 2021). Recuperado de http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/magna50/pdfs/d7_G50/Magna50_796.pdf
32. Meteorología, A. E. de. (14 de septiembre de 2021). *La borrasca «Gloria» es el tercer temporal mediterráneo en nueve meses que bate récords históricos—Agencia Estatal de Meteorología—AEMET. Gobierno de España*. Recuperado de [http://www.aemet.es/es/noticias/2020/01/Tres temporales mediterraneos en nueve meses](http://www.aemet.es/es/noticias/2020/01/Tres_temporales_mediterraneos_en_nueve_meses)
33. *MMagna0796.pdf*. (4 de noviembre de 2021). Recuperado de <http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/magna50/memorias/MMagna0796.pdf>