



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Colegio de Ingenieros  
de Caminos, Canales  
y Puertos

# MEMORIA

## Estudio para la regeneración del frente litoral de la playa de Nules (Castellón)

*Presentado por*

*Balaguer Canet, Javier*

*Para la obtención del*

Grado en Ingeniería Civil

Tutor: Jorge Molines Llodra

Curso 2018/19



## ÍNDICE MEMORIA

<b>1. LOCALIZACIÓN</b> .....	<b>3</b>
1.1. ENTORNO.....	3
<b>2. ACTUACIONES PREVIAS</b> .....	<b>6</b>
<b>3. SITUACIÓN ACTUAL</b> .....	<b>7</b>
3.1. USOS DEL SUELO .....	8
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PLAYA .....	8
<b>4. CLIMA MARÍTIMO Y DINÁMICA LITORAL</b> .....	<b>9</b>
4.1 CLIMA MARÍTIMO .....	9
4.1.1 Régimen de viento.....	9
4.1.2 Oleaje.....	10
4.2 DINÁMICA LITORAL .....	10
4.2.1 Líneas de costa .....	11
4.2.2 Transporte sólido litoral.....	12
<b>5. ESTUDIO DE SOLUCIONES</b> .....	<b>14</b>
5.1. INTRODUCCIÓN .....	14
5.2. ALTERNATIVAS.....	14
5.2.1. Alternativa 0 .....	14
5.2.2. Alternativa 1 .....	14
5.2.3. Alternativa 2 .....	15
5.2.4. Alternativa 3 .....	16
5.2.5. Alternativa escogida.....	17
<b>6. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS</b> .....	<b>19</b>
6.1. TAREAS A EJECUTAR .....	19
6.1.1. Retirada de espigones y espigones de control.....	19
6.1.2. Construcción de diques .....	20

---

6.1.3.	<i>Alimentación artificial</i> .....	21
6.2	PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS .....	21
6.2.1.	<i>Actuaciones previas</i> .....	21
6.2.2.	<i>Retirada de los espigones transversales</i> .....	21
6.2.3.	<i>Construcción de los caminos</i> .....	22
6.2.4.	<i>Construcción de los diques exentos</i> .....	22
6.2.5.	<i>Retirada de los caminos auxiliares</i> .....	22
6.2.6.	<i>Alimentación artificial</i> .....	22
6.2.7.	<i>Seguridad y salud</i> .....	22
6.2.8.	<i>Plazo de obra</i> .....	22
<b>7.</b>	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> .....	<b>23</b>
7.1	INTRODUCCIÓN .....	23
7.2	IMPACTOS IMPORTANTES.....	23
7.2.1	<i>Suelo</i> .....	23
7.2.2	<i>Paisaje</i> .....	23
7.2.3	<i>Fauna</i> .....	23
7.2.4	<i>Flora y calidad de aguas</i> .....	24
7.3	MEDIDAS CORRECTORAS .....	25
7.4	CONCLUSIÓN.....	26
<b>8.</b>	<b>PRESUPUESTO</b> .....	<b>26</b>
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>28</b>

## 1. Localización

El frente litoral para el que se va a realizar el estudio se encuentra en el término municipal de Nules, en la provincia de Castellón (España).

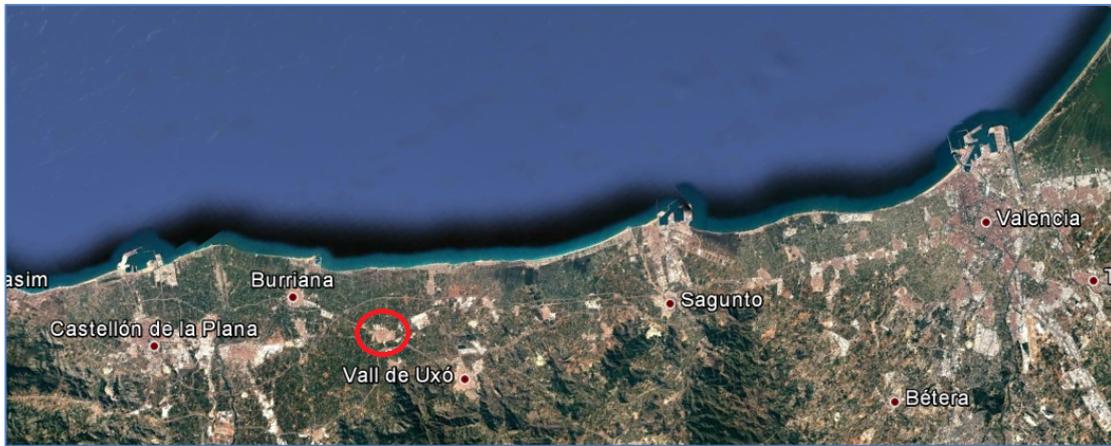


Ilustración 1: Localización de Nules. Fuente: Google Earth.

Este frente litoral que se va a estudiar se encuentra a 4,75 kilómetros aproximadamente del municipio de Nules y se centrará en el recorrido entre las dos franjas rojas marcadas en la imagen.



Ilustración 2: Localización de la playa de Nules. Fuente: Google Earth.

### 1.1. Entorno

En su entorno se encuentran varios elementos distintivos en la playa de Nules como el Estanque de Nules que desemboca en la propia playa a través de unas compuertas en un canal orientado hacia el mar, la aportación de aguas a este estanque es totalmente artificial mediante una acequia de hormigón, entre este factor y que no existe corriente en el estanque podemos llegar a desprestigiar los sedimentos aportados por el estanque al mar. Es un refugio para varias especies

de aves de importancia para la conservación, entre las que destaca el calamón, con agua de buena calidad que permite el establecimiento de comunidades de macrófitos dulceacuícolas. El estanque de Nules es un Paraje Natural Municipal, declarado mediante el Acuerdo de 3 de diciembre de 2004, del Gobierno Valenciano.



*Ilustración 3: Estanque de Nules. Elaboración propia.*

También existen casas en el escarpe de la playa, muy cerca del mar, sin dejar un ancho suficiente para la estabilidad de la playa. Estas casas como se verá más adelante, aunque se encuentran en dominio público marítimo terrestre, son una problemática para la playa actual, ya que crean un escarpe de la playa rígido siendo esto más desfavorable para la playa.



*Il·lustració 4: Casas en la playa de Nules. Elaboración propia.*

También podemos observar el faro que es un símbolo particular de la playa construido en 1991.



Ilustración 5: Faro en la playa de Nules. Fuente: Google.

## 2. Actuaciones previas

Para tener una visión global de la problemática se deben conocer las actuaciones previas ejecutadas en la playa de Nules, según Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio, se han invertido un total de 7.172.287,71 euros en las actuaciones en este frente litoral, su desglose es el siguiente:

Tabla 1: actuaciones previas. Fuente: Ministerio de Fomento.

AÑO	REF. PROYECTO	REF. MUNI.	TITULO	INVERSIÓN
1995	12-24	NUL	MOTA DEFENSA TM NULES Y NORTE DE MONCOFAR	255.206,52 €
1998	12-1041	NUL	OBRAS DE EMERGENCIA EN EL T.M. DE NULES	390.657,87 €
1999	12-1054	NUL	OBRAS DE EMERGENCIA EN LA PLAYA DE NULES 1999	3.606.072,63 €
2002	12-1264.02	NUL	OBRAS DE EMERGENCIA EN CASTELLÓN. MARZO 2002	1.202.000,00 €
2005	12-0184	NUL	MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA COSTA DE CASTELLÓN (2005-2006-2007)	56.747,13 €
2006	12-0184	NUL	MANTENIMIENTO Y CONSERVACION DE LA COSTA DE CASTELLÓN (2005-2006-2007)	6.021,89 €
2007	12-0184	NUL	MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA COSTA DE CASTELLÓN (2005-2006-2007)	5.641,15 €
2008	12-0206	NUL	MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA COSTA DE CASTELLÓN. PERIODO 2007/09	33.920,93 €
2009	12-0206	NUL	MANTENIMIENTO Y CONSERVACION DE LA COSTA DE CASTELLÓN. PERIODO 2007/09	258.276,69 €
2009	12-0226	NUL	MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA COSTA DE CASTELLÓN, PERIODO 2009-2011 (CASTELLÓN)	20.261,18 €
2010	12-0226	NUL	MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA COSTA DE CASTELLÓN, PERIODO 2009-2011 (CASTELLÓN)	66.498,23 €
2014	12-0266	NUL	MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA COSTA DE CASTELLÓN: PERIODO 2014-2015	8.540,61 €
2014	12-0270	NUL	RESTAURACIÓN CORDÓN LES MARINES	199.954,70 €
2014	12-0273.03	NUL	OBRAS DE EMERGENCIA PARA REPARAR LOS DAÑOS PRODUCIDOS POR EL TEMPORAL DEL MES DE DICIEMBRE DE 2014 EN LA PROVINCIA DE CASTELLÓN; TT.MM. VARIOS (CASTELLÓN)	45.350,45 €
2015	12-0277.01	NUL	O.E. PARA REPARAR LOS DAÑOS PRODUCIDOS POR LOS TEMPORALES DE LOS MESES DE ENERO Y FEBRERO DE 2015. T.M. DE NULES	899.999,78 €
2017	12-0292.E4	NUL	OBRAS DE EMERGENCIA PARA REPARAR LOS DAÑOS PRODUCIDOS POR LOS TEMPORALES DE FINALES DE NOVIEMBRE Y DURANTE EL MES DE DICIEMBRE DE 2016 EN LA PROVINCIA DE CASTELLÓN.	20.380,19 €
2018	12-0306.E2	NUL	OBRAS DE EMERGENCIA PARA REPARAR LOS DAÑOS PRODUCIDOS POR LOS TEMPORALES DE FEBRERO Y MARZO DE 2018 EN LA PROVINCIA DE CASTELLÓN.	96.757,76 €

Una de las obras más importantes a tener en cuenta en este trabajo es la “Conservación y mantenimiento de la costa de Castellón (en tres fases): Transporte y extendido de arenas dragadas procedentes del puerto de Burriana” donde existe el aporte de material que más adelante se notará cuando se estudie la evolución de la línea de costa. Este proyecto abarca no solo el término de Nules si no otros emplazamientos cercanos.

En Nules las causas fundamentales para esta actuación fueron que, a causa de los temporales, la zona de costa tenía deteriorado el cordón litoral y con mala accesibilidad, y en una parte de la playa La zona de costa tenía el cordón litoral mayormente de grava.

Este proyecto tenía un presupuesto de 299.999,99 € y se acabó en 2014. La zona de actuación fue la siguiente:



Ilustración 6: Zona de actuación. Fuente: Ministerio de Fomento.

### 3. Situación actual

La situación actual de la playa de Nules está en una situación límite, se puede observar un suelo bastante agresivo con la playa donde existen casas en zona de dominio público marítimo terrestre comprometiendo el ancho de la playa para que esta esté estable, que debería estar comprendido alrededor de 50 metros según el artículo 132.2 de la Constitución, y donde en la playa de Nules existe hasta un ancho mínimo de 4 metros y el ancho medio es de 38 metros, esto dando por válidos los datos de fichas de playas del ministerio donde seguro que con el paso

del tiempo la situación ha ido a peor. Esta situación se puede apreciar en el plano número 2 de estado actual.

Originalmente la playa de Nules era una playa constituida por gravas, pero en la ejecución de la regeneración de 2014 que se ha comentado anteriormente se utilizaron arenas para un mejor disfrute del usuario.

### 3.1. Usos del suelo

Si se analizan los usos del suelo en la zona de la playa de Nules, como ya se ha mencionado anteriormente existe una gran presión sobre la playa por parte de la zona urbana, que es uno de los riesgos internos de la costa, siendo estos los riesgos se desarrollan en el litoral o su inmediación y que pueden afectar la estabilidad del recurso, degradándolo o consumiéndolo; la urbanización inmediata a la costa crea inmovilización de depósitos sedimentarios, destrucción de dunas, destrucción de espacios naturales , modificación régimen de vientos...

En la periferia de la playa se puede apreciar como la mayor parte del uso es agrario. También se puede observar la zona reservada para el estanque de Nules.



Ilustración 7: Usos del suelo en la zona. Fuente: Ministerio de Fomento.

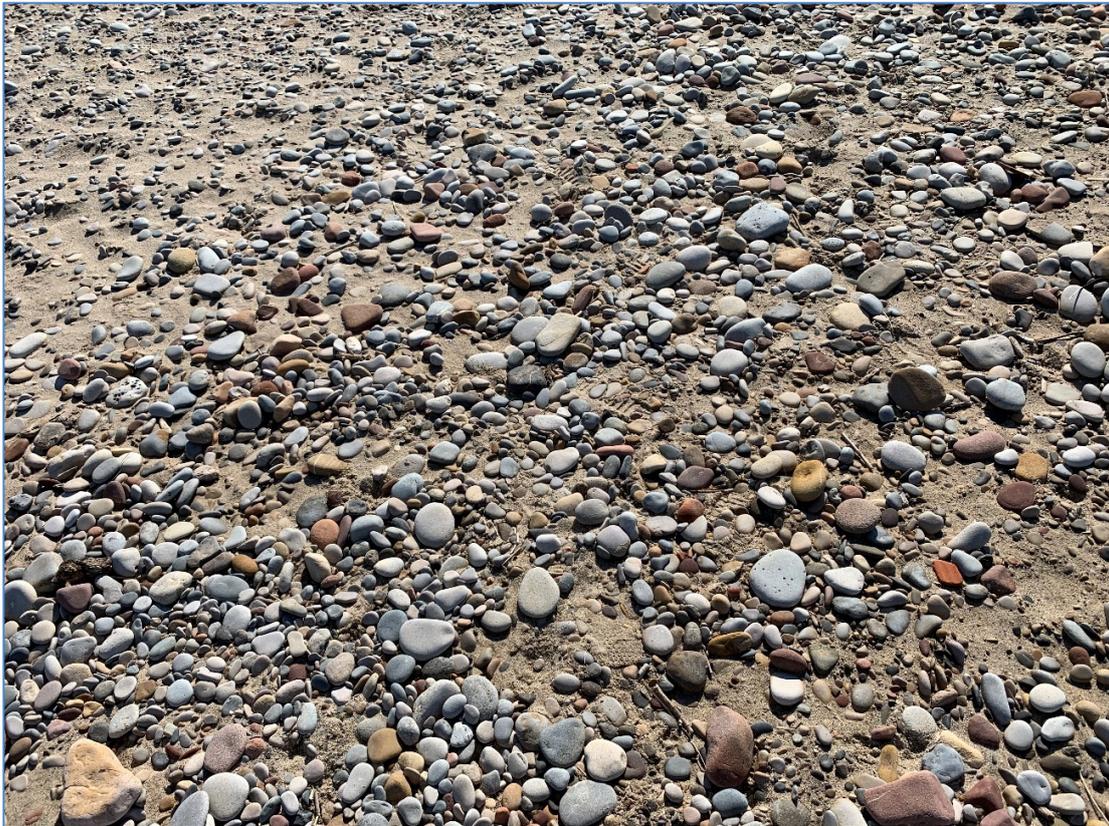
Se puede apreciar en el anejo 2 de usos de suelo un estudio más detallado.

### 3.2. Características de la playa

Se puede apreciar que es una playa muy masificada de espigones longitudinales lo que no da continuidad al transporte litoral. En esta otra foto se puede apreciar la masificación de los espigones longitudinales:

Ciñéndose a los datos de las fichas de playa del ministerio de fomento, la playa de Nules mide 2'464 kilómetros con una superficie total de 95.269 metros cuadrados, la anchura media de la playa es 38 metros y la mínima y máxima respectivamente son 4 y 111. Está compuesta por bolos, gravas y arenas como tipos de sedimentos.

También hay que añadir y resaltar que como se ha comentado anteriormente, originalmente la playa de Nules era una playa de gravas, pero en la regeneración anteriormente comentada se decidió utilizar arena para el confort de los usuarios.



*Il·lustració 8: Material en playa seca. Elaboración propia.*

## 4. Clima marítimo y dinámica litoral

### 4.1 Clima marítimo

Respecto al clima marítimo se puede dividir en el régimen de viento y oleaje, estudiar el clima marítimo es fundamental para este proyecto ya que el clima marítimo es el causante de moldear el frente litoral, así pues, desde la información proporcionada por puertos del estado, podemos observar los siguientes datos:

#### 4.1.1 Régimen de viento

Los datos de estudio para el régimen de viento en la playa de Nules se han obtenido de un punto SIMAR lo suficientemente cercano para poder suponer que en el mismo emplazamiento se genera el mismo régimen de vientos; aunque realmente este apartado del régimen de vientos no tendrá mucho efecto en la playa ya que en esta situación en concreto no existen dunas; porque como se ha comentado antes existe una gran presión de zona urbana que impide la formación de dunas naturales y el transporte de materiales en la playa por acción del viento.

Este será el punto SIMAR en el que se ha apoyado para recoger datos del régimen de vientos:

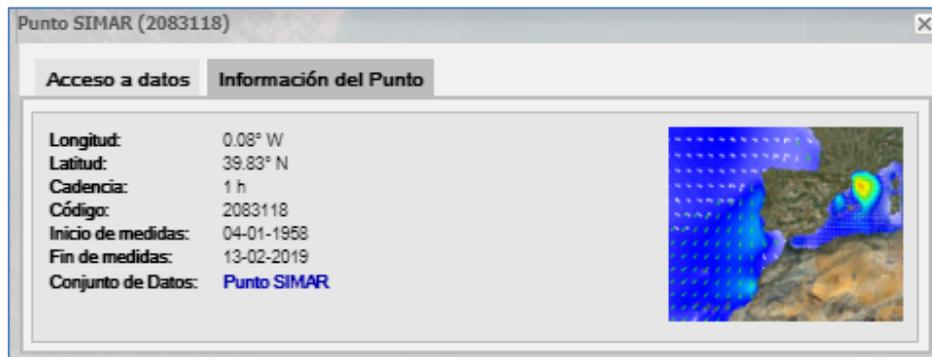


Ilustración 9: Referencia de punto SIMAR. Fuente: Puertos del Estado.

Según el histograma generado en la web de puertos del Estado desde 1960 a 2018, y asociado al mismo punto SIMAR que se ha expuesto, se puede apreciar que la velocidad más común de la zona es entre 2-3 m/s, los datos como la localización del punto se pueden observar en el anejo 5 de clima marítimo.

#### 4.1.2 Oleaje

El oleaje en la playa de Nules se debe estudiar en régimen medio y régimen extremal. Primero los datos del régimen medio se extraen de un punto SIMAR lo suficientemente alejado de la línea de costa que se puede considerar en aguas profundas.

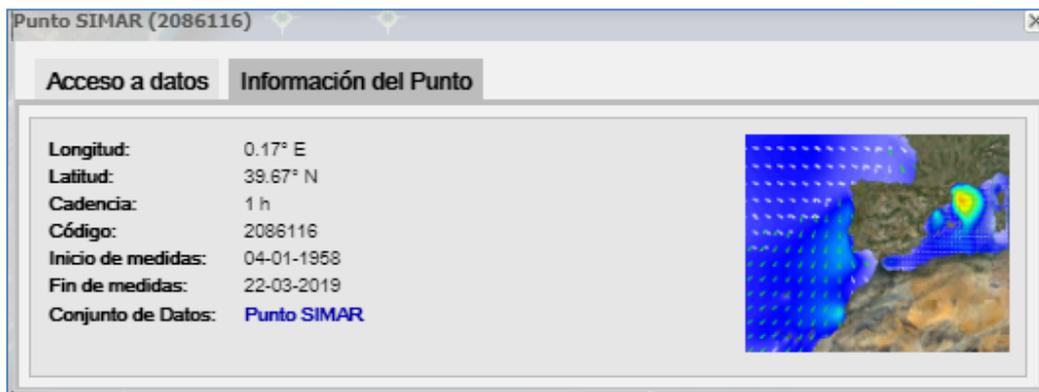


Ilustración 10: Referencia punto SIMAR. Fuente puertos del Estado.

Así pues, según los datos recogidos se puede observar una gran tendencia del oleaje hacia la dirección Este y Este-Noreste, también se puede observar en la rosa de oleajes que la altura máxima de ola significativa ( $H_s$ ) está comprendida entre 2 y 2'5 metros, la dirección más frecuente del oleaje es hacia el Este y Este-Noreste. Su localización se puede apreciar en el anejo de Clima marítimo.

#### 4.2 Dinámica litoral

Respecto a la dinámica litoral se puede decir que la playa de Nules se encuentra en una subunidad morfodinámica entre los puertos, de Burriana en el norte, y el puerto de Sagunto en

el sur; dónde la dinámica es de erosión continua, ya que el puerto de Burriana actúa como barrera al transporte sólido litoral y consecuentemente en la zona de la playa de Nules se produce erosión.

#### 4.2.1 Líneas de costa

Como podemos observar en el anejo 6 dedicado a la dinámica litoral la línea de costa actual está en una situación límite dónde la erosión comentada supone un mayor riesgo en el sur de la desembocadura del estanque, así pues, las soluciones se centrarán en esta zona, ya que comparando las líneas de costa de otros años donde se puede apreciar grandes cambios es en la parte sur de la desembocadura.



Ilustración 11: Línea de costa. Fuente: Ministerio de Fomento.



Ilustración 12: Línea de Costa. Fuente: Ministerio de fomento.

Observando estas líneas de costa podemos deducir que en el año 2005 la línea de costa de la playa de Nules se vió afectada por un aporte de sedimento. En la línea de 2018 se aprecian tramos de playa que son muy parecidos a la línea de costa del año 2000, lo que nos indica que aún teniendo en cuenta el aporte de sedimentos en 2014 como se ha comentado en el apartado de actuaciones previas, se está volviendo a alcanzar la misma situación y es necesario proponer una solución.

En el anejo 6 además de estas líneas de costa se puede apreciar la línea de costa de 1956 donde aún no se habían construido los espigones longitudinales existentes, y donde se aprecia en general un mejor ancho de playa natural.

#### 4.2.2 Transporte sólido litoral

El transporte sólido litoral de la zona define una zona inestable según la clasificación genética de costas, de la estabilidad de la playa (Suarez Bores) ya que el caudal sólido con dirección Norte en la playa de Nules es menor al caudal de transporte sólido con dirección al sur, y esto crea una inestabilidad, como se va a comprobar ahora.



Para calcularlo se utilizará la formulación del CERC incluida en el Shore Protection Manual (SPM, 1984). Detallada en el anejo 6 de dinámica litoral, se tendrá en cuenta que en lugar del factor de corrección de  $2,027 \cdot 10^6$ , se utilizará el factor de escala de  $2,027 \cdot 10^3$ , justificado en el anejo 6.

$$Q \text{ (m}^3\text{/año)} = \sum [2,027 \cdot 10^6 \cdot H_0^{5/2} \cdot \text{sen}(2\alpha_0) \cdot \text{cos}(\alpha_0)^{1/4} \cdot K_p \cdot K_g]$$

A parte se ha de dividir primero en varias direcciones, donde la dirección genérica de norte a sur será considerada que transporta un caudal positivo y la dirección genérica de sur a norte será considerada transportando un caudal sólido negativo. Entonces se procede a seccionar la línea de costa según las direcciones cardinales, quedando la línea de costa como ilustra esta imagen.



Ilustración 13: Direcciones según la línea de costa. Elaboración propia.

Aplicando la formulación del CERC se calcula el caudal positivo y el caudal negativo, con lo que los metros cúbicos del caudal potencial que se transportan en la línea de costa de la playa de Nules cada año son los siguientes:

Q+ (m <sup>3</sup> )	125467,25
Q- (m <sup>3</sup> )	6596,07

Con lo que el caudal total será 118.871 metros cúbicos de transporte sólido litoral con dirección sur cada año.

## 5. Estudio de soluciones

### 5.1. Introducción

En este apartado de la memoria se va a tratar un estudio de soluciones posibles que podrían ejecutarse debido a la problemática estudiada en la playa de Nules, a partir de este estudio se detallará la solución elegida.

Se puntuarán las opciones con criterios como el funcional, el criterio económico, el criterio ambiental y el criterio paisajístico. A partir de estos criterios se escogerá la solución con más puntuación. La puntuación se hará a partir de la siguiente fórmula:

$$Puntuación = CF * 10 + CE * 7 + CP * 4 + CA * 4$$

- Criterio funcional (CF) es el criterio que evalúa la posible resolución al problema que se plante. Tiene un peso de 10.
- Criterio económico (CE) el que no se podrá calcular exactamente ya que esto conllevaría estudiar a fondo la solución, pero se puede predecir a grandes rasgos, con un peso en la fórmula de 7.
- Criterio paisajístico (CP) se estima el daño paisajístico o su mejora con un peso de 4.
- Criterio ambiental (CA) que interpretará el daño o mejora ambiental que puede causar esa solución, tendrá un peso de 4.

Estos criterios están más detallados en el anejo 7 de estudio de soluciones, así como también todas las opciones más usuales que se llevan a cabo en líneas de costa con necesidad de soluciones.

### 5.2. Alternativas

Aquí se exponen y se puntúan las siguientes alternativas pensadas para resolver el problema del frente litoral de la playa de Nules, las motivaciones de sus puntuaciones y un estudio más profundo de cada alternativa están detallados en el anejo 7 de estudio de soluciones:

#### 5.2.1. Alternativa 0

Esta alternativa propone no actuar en el frente litoral de Nules, así pues, tiene como puntos favorables el aspecto económico, paisajístico y ambiental. El aspecto negativo de esta alternativa es que no soluciona la problemática existente. La puntuación de esta alternativa será:

#### 5.2.2. Alternativa 1

Esta alternativa se puede dividir en dos partes, desde la desembocadura del estanque de Nules hacia el sur, y desde la desembocadura hacia el norte. Hacia el sur se propone eliminar los espigones transversales existentes dejando el último espigón como cierre de la playa abrigada,

se ha pensado en eliminar estos espigones puesto que la playa de Nules está masificada de estos, y ejecutar la obra de diques exentos sumergidos, que se proyectarán para crear hemitómbolos, estos diques se dispondrán en la parte que queda al sur de la desembocadura del estanque de Nules ya que la parte norte no sufre grandes cambios, analizando la evolución de las líneas de costa comparándola con la parte sur, como podemos observar en el anejo 6 de dinámica litoral, exactamente en la evolución de la línea de costa. Además de la eliminación de espigones y la creación de los espigones exentos, se llevará a cabo también una alimentación artificial aportando arenas a la playa actual. Se puede apreciar en la siguiente ilustración un esquema sin estar a escala que recrea aproximadamente lo que sería esta solución en la playa de Nules. En la parte norte solamente se procederá a llevar a cabo la alimentación artificial, sin desmantelar ningún espigón.



Ilustración 14: Esquema alternativa 1. Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.3. Alternativa 2

Esta alternativa es muy parecida a la anterior, además de proponer eliminar también varios espigones transversales de la playa, se complementa con una alimentación artificial que aportará arenas a la playa para ganar espacio en la playa, pero, aunque propone también construir los mismos espigones exentos en la parte sur de la desembocadura del estanque, estos formarán un tómbolo y serán espigones emergidos. Así pues, la mayor diferencia entre esta alternativa y la anterior es que propone formar tómbolos que afectarán más drásticamente al transporte sólido litoral que los hemitómbolos propuestos en la alternativa 1. En la parte norte se propone exactamente lo mismo que en la alternativa 1.

En la siguiente ilustración se puede observar una recreación sin estar a escala de esta solución:



Il·lustració 15: Esquema alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.

#### 5.2.4. Alternativa 3

En esta alternativa no se busca diseñar obras en el medio marítimo si no utilizar el escarpe de una manera natural que pueda mantener la playa, luego lo primero que se propone es derribar las casas que se encuentran en el escarpe de la playa de Nules, las casas de dominio público, seguidamente proceder a una regeneración dunar con lo que se conseguiría una playa estable con formas naturales en el trasdós, pudiendo así reducir el ancho de la playa a 40 metros y el ahorro que lleva consigo. Igualmente, con 40 metros se cumpliría la suficiente superficie para cumplir la demanda. Para fijar las dunas creadas se aplicará una revegetación dunar cuidando las especies que sean autóctonas. También se aportaría una alimentación artificial en la playa.

Esta alternativa tiene un factor social muy importante ya que el ayuntamiento de Nules las aprecia y sería muy difícil la admisión de la demolición de las casas por la parte del ayuntamiento de Nules. El Ayuntamiento de Nules en 2016 planteó la posibilidad que los inmuebles fueran declarados bien de interés cultural (BIC) o bien de relevancia local, cuyo reconocimiento requería de la autorización del mismo ayuntamiento, la Generalitat Valenciana y el Estado, a fin de garantizar su protección.

Si esta alternativa se ejecutase quedaría aproximadamente un esquema sobre la playa de Nules como el que se puede apreciar en la siguiente ilustración sin estar a escala:



Ilustración 16: Esquema alternativa 3. Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.5. Alternativa escogida

La alternativa escogida será la alternativa 1, ya que en el análisis multicriterio detallado en el anejo 7, estudio de soluciones, es la que alcanza mayor puntuación.

Tabla 2: Resumen de puntuación de alternativas. Elaboración propia.

Alternativa 0	146
Alternativa 1	193
Alternativa 2	192
Alternativa 3	181

Esta alternativa es la alternativa que propone los diques exentos sumergidos formando un hemitómbolo, más una alimentación artificial en la playa. A partir de este punto se van a definir los aspectos de esta alternativa que se necesitan para detallarla completamente. La situación final se puede observar en los planos 9, 10 y 11.

Para calcular el volumen que habrá que aportar en esta alternativa se cubicarán volúmenes en la playa de Nules basándose en perfiles que se pueden observar en los planos 12, 13 y 14 en planta y del plano 15 a 20, su respectivo perfil transversal, además existen cálculos detallados en el anejo 9, exactamente en el apartado 9.5 Volumen, dónde se observa el cálculo llevado a cabo.

Como se ha dicho antes esta alternativa propone diques exentos en la parte sur de la desembocadura del estanque, de esta desembocadura del estanque hasta el final de la playa de Nules existen 1,8 kilómetros. Una breve caracterización de los diques será:

#### 5.2.5.1. Separación del dique respecto a la costa

La separación del espigón respecto a la línea de costa es un factor determinante para determinar la formación del hemitómbolo, así pues, se ha decidido se ha decidido colocar los espigones a una distancia de 130 metros respecto la línea de costa que se formará.

#### 5.2.5.2. Longitud y número de diques

La longitud también influye en la formación del hemitómbolo que se propone en esta alternativa, la relación entre la separación de la línea de costa con la longitud del espigón debe ser mayor que 0,75 según Silvester (1990). Dicho esto, la longitud del espigón será de 90 metros, el número de espigones serán 4 repartiéndose los 1,8 kilómetros de costa en los que se va a actuar.

#### 5.2.5.3. Separación entre diques

La separación entre espigones también influye en el reparto del espacio en la costa y será de 200 metros entre cada espigón. Esto condiciona el reparto de los espigones en la costa dejando 420 metros del último espigón exento al final de la playa y otros 420 metros del primero a la desembocadura del estanque.

#### 5.2.5.4. Orientación del dique respecto a la línea de costa

La orientación más óptima de los espigones exentos respecto a la línea de costa es perpendicular a la dirección en la que se de más oleaje, ya que así se consigue que se disminuya la energía del oleaje que alcanza la orilla, y que se altere la dirección de propagación del oleaje de tal forma que los efectos en la costa del oleaje difractado sean los deseados.

Como se puede observar en el anejo 5 de clima marítimo, las direcciones E y ENE son las direcciones predominantes, pero aun así los diques se dispondrán paralelos a la línea de costa.

#### 5.2.5.5. Cota de coronación del dique

Los diques exentos serán diques sumergidos en la playa de Nules, para asegurar esta condición la cota de coronación de estos diques será -0,5 metros respecto del nivel medio del mar en la playa de Nules. Cada dique tendrá entonces una sección transversal diferente que quedará determinada por la profundidad a la que se encuentre, así pues, realizando un estudio de la cota de cimentación de cada dique que viene condicionada por la cota de coronación:

- Dique 1: la profundidad de este dique será de 3,5 metros lo que lleva a una cota de cimentación de 3 metros.
- Dique 2: la profundidad de este dique será de 3,2 metros, con lo que la cota de cimentación será de 2,7 metros.
- Dique 3: Este dique varía su profundidad respecto sus dos secciones más alejadas, la primera y la que se sitúa más al norte tendrá una cota de cimentación de 2,7 metros

mientras la que esta más al sur tendrá una cota de cimentación de 2,4 metros, siguiendo con la constante de colocar la cota de coronación a -0,5 metros del NMM.

- Dique 4: La cota de cimentación de este dique estará a 2,4 metros.

Se pueden observar las numeraciones de los diques en los planos 9, 10 y 11 y sus respectivas secciones transversales que se encuentran en los planos 21 a 24.

## 6. Descripción de las obras

En este apartado se detallan las tareas que se deben llevar a cabo en el proyecto y el proceso constructivo de la obra.

### 6.1. Tareas a ejecutar

Las tareas de modo genérico a ejecutar en el proyecto se dividen en tres, la retirada de los espigones que están entre la desembocadura del estanque de Nules y el último espigón localizado al Sur de la playa, la construcción de los 4 diques exentos y por último la alimentación artificial aportando las arenas necesarias.

#### 6.1.1. Retirada de espigones y espigones de control

La retirada de espigones existentes será la primera tarea a llevar a cabo, nombrando los espigones de norte a sur con una numeración de 1 a 8, se deberán retirar todos los espigones menos el número 8 que junto a la desembocadura del estanque actuarán como espigones de control, estos espigones se dejarán para contener la arena aportada y confinar la playa.

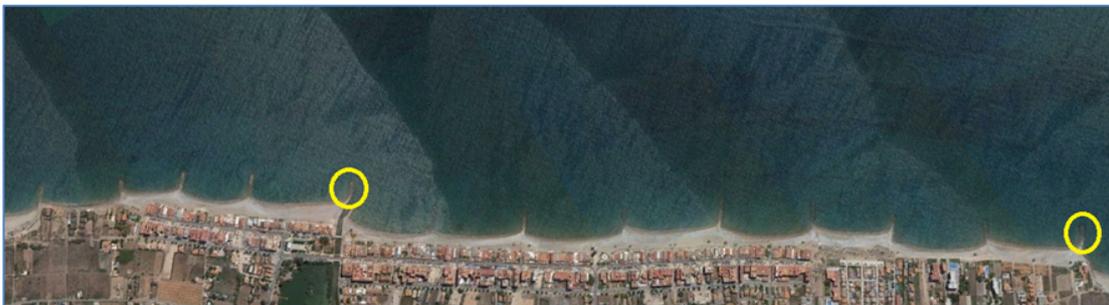


Ilustración 17: Espigones de control. Fuente: Elaboración propia.

El espigón número 8 se deberá alargar para que cumplan bien su función como se puede observar en el anejo 10, en el apartado 10.5 espigones de control, en este anejo también existe la caracterización de los espigones numerados y el material que aportarán a la obra.

La numeración de estos espigones se puede apreciar detalladamente en el plano 2 de estado actual.

### 6.1.2. Construcción de diques

Para la construcción de estos diques existe la posibilidad de escoger entre dos vías, la vía marítima o la vía terrestre, como se detalla en el anejo 10 de proceso constructivo, se escoge la vía terrestre por la reducción del coste por la utilización de maquinaria más común en el ámbito de la construcción y por la compactación del núcleo del dique por la propia circulación de esta por encima del dique mientras se ejecuta su construcción.

El orden de construcción también se debe tener en cuenta al modificar la dinámica litoral y formar una cadena de diques en la propia playa de Nules, así pues, se empezará construyendo del dique situado más al norte hasta el situado más al Sur. Habrá que tener en cuenta en la construcción de estos diques utilizar barreras antiturbidez, ya que existen prados de Caulerpa cerca de la zona.

La propia construcción del dique se puede dividir en varias fases:

- **Construcción camino de acceso, que deberá tener 4 metros de ancho y sobrepasar en 1 metro el NMM.**
  1. Construcción del núcleo del camino de acceso
  2. Construcción del manto de protección del camino de acceso
- **Construcción dique exento.**
  1. Construcción de núcleo más capa núcleo-avance
  2. Construcción de protección con escollera
  3. Retirada del núcleo avance a acopio
- **Retirada camino de acceso.**
  1. Retirada de escollera
  2. Retirada todouno de camino de acceso
- **Transporte a vertedero desde acopio del material sobrante.**

### 6.1.3. Alimentación artificial

Para la alimentación artificial se ha de considerar que el material utilizado para esta alimentación debe ser lo más parecido al existente, por eso, sabiendo que el material nativo tiene un D50 de 2,38 mm, se utilizará un D50 de 2,5 mm que no generará especialmente modificaciones al perfil de la propia playa, este material vendrá suministrado por las canteras de Chilches, que son Cales de La Plana, SA , Cantera La Pedrera Peñanegra Núm. 2.229; y Cales de La Plana, SA, Cantera La Pedrera Poliola Núm. 2.230. En el anejo de procedencia de materiales, número 8, se expone con mayor detalle tanto los materiales que se pedirán a estas canteras como una descripción de cada cantera.

Para esta aportación de arenas en Nules se van a seguir los pasos más sencillos, para la alimentación de la playa seca se llevará a cabo un vertido directo en la que especificado se verterán directamente los volúmenes necesarios en cada zona de la playa, y se distribuirán; y para la playa sumergida se llevará a cabo el apilado de arenas en los primeros metros de playa sumergida, seguidamente se encargará la propia dinámica litoral en distribuirlos.

## 6.2 Programación de las obras

Para estimar un tiempo aproximado para el que tendrá fin el proyecto, se procede a realizar un breve resumen de una opción para programar la obra y así también utilizar estos tiempos de las tareas para poder calcular el presupuesto que se detalla más adelante.

Se concierta que la jornada de trabajo será de 8 horas, y se consideran 5 días laborables a la semana.

### 6.2.1. Actuaciones previas

Como actuaciones previas se hace referencia a las actuaciones de replanteo, ubicación y colocación de instalaciones auxiliares. Para este primer grupo de actuaciones se consideran dos semanas.

### 6.2.2. Retirada de los espigones transversales

Los espigones transversales a retirar son 6, para esta tarea se utilizará dos equipos constituidos por una pala sobre neumáticos, dos camiones basculantes y una retropala con un rendimiento de 110 T/h.

Aun así, esta tarea no hará falta sumarla a la planificación de la obra de forma lineal ya que se ira elaborando a medida que la obra vaya avanzando.

### 6.2.3. Construcción de los caminos

Para la construcción de los caminos auxiliares se utilizarán una excavadora, una retro pala y dos camiones basculantes, formando un equipo, y en total 2 equipos, el rendimiento conjunto será aproximadamente de 200 T/h.

Como para la construcción de caminos auxiliares se necesitan en total 11016 toneladas de material todouno, con lo que esta tarea durará 7 días.

### 6.2.4. Construcción de los diques exentos

Para la construcción de los diques se utilizarán dos equipos constituidos por una pala sobre neumáticos, dos camiones basculantes y una retro pala. El rendimiento del equipo se estima de 130 T/h.

El material necesario para la construcción de los diques es de 16945 toneladas por lo que la duración de construcción de diques será de 17 días.

### 6.2.5. Retirada de los caminos auxiliares

Para este trabajo se emplearán dos equipos compuestos por una excavadora y dos camiones basculantes. Con un rendimiento de equipo de aproximadamente 180 T/h.

El peso aproximado de materiales a retirar se ha calculado anteriormente y se sabe que es de 11016 toneladas, luego la retirada de los caminos contando con el equipo descrito será de 8 días.

### 6.2.6. Alimentación artificial

Dado al gran volumen de aportación de arenas necesario en el frente litoral se dispondrá de 4 equipos, cada uno formado por una motoniveladora, un bulldozer y la adecuada mano de obra, se estima un rendimiento de 800 m<sup>3</sup>/h.

Luego teniendo en cuenta que se deben aportar 762.101 metros cúbicos, se necesitan unos 120 días laborables lo que es equivalente a 6 meses.

### 6.2.7. Seguridad y salud

Este es un trabajo que se ejecuta desde el inicio de la obra hasta el fin.

### 6.2.8. Plazo de obra

Teniendo en cuenta la duración estimada de las tareas se prevé por lo tanto un plazo total aproximado de 8 meses.

## 7. Estudio de Impacto Ambiental

### 7.1 Introducción

Este apartado recoge un resumen del documento que se ha generado explícitamente para este estudio. El desarrollo del ser humano afecta en gran medida a muchos ecosistemas, modificando con ello la evolución natural del lugar, y por ello la consecuente necesidad de evaluar estos impactos que puede generar la actividad del ser humano.

Según el Real Decreto 1131/88 de 30 de Septiembre, que aprueba el Reglamento sobre evaluación de impacto ambiental: "Se entiende por Evaluación de Impacto Ambiental, el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad, causada sobre el medio ambiente."

Primero hay que tener claro que el vocablo impacto no necesariamente tiene que implicar una consecuencia negativa, sino, solo una consecuencia en el ambiente, así pues, habrá impactos que también mejoren el entorno y sean positivos dada la realización del proyecto.

Como ya se ha llevado a cabo en detalle este trabajo en el documento de Estudio de Impacto Ambiental, aquí se elaborará un breve resumen ensalzando lo más importante y peculiar de este proyecto respecto al EIA.

### 7.2 Impactos importantes

#### 7.2.1 Suelo

Este proyecto va a generar un gran impacto en el suelo ya que contiene la alimentación artificial de la zona, esta cubrirá el suelo existente en una gran superficie del emplazamiento, aunque si es cierto que las arenas aportadas serán muy similares a las existentes.

#### 7.2.2 Paisaje

Este proyecto está destinado a mejorar el paisaje, con la alimentación artificial y la generación de hemitómbolos en ayudarán a conseguir este propósito de mejorar el paisaje, luego este impacto es positivo.

#### 7.2.3 Fauna

Se deberá tener especial cuidado en este proyecto respecto a los impactos que se puedan dar contra la fauna del lugar, sobre todo con el ruido que puede alterar el comportamiento de la fauna avícola, entre las que destaca el Calamón y las Pollas de Agua, muy importante en el estanque de Nules, considerado Paraje Natural Municipal.



Ilustración 18: Polla de agua. Fuente: Google.



Ilustración 19: Calamón. Fuente: Google.

#### 7.2.4 Flora y calidad de aguas

Estos aspectos ambientales van muy ligados en el semblante de que empeorando la calidad del agua se puede afectar críticamente a la flora acuática que se sitúa en el frente litoral de Nules como se puede observar en la siguiente imagen, luego habrá que tener especial cuidado con la turbidez a la hora de ejecutar las obras.



Ilustración 20: Flora subacuática. Fuente: Ministerio de Fomento.

### 7.3 Medidas correctoras

Las medidas correctoras se han detallado en su totalidad en el documento de EIA pero aquí se nombrarán las más importantes que se van a llevar a cabo, y que contrarrestarán en la medida de lo posible los impactos mencionados.

- Utilización de barreras antiturbidez, para no provocar pérdidas del prado de Caulerpa prolifera.
- Control del polvo durante las operaciones de extracción, transporte y vertido de tierras (fundamentalmente, el todouno de las estructuras y la arena de aportación).
- Utilizar en silenciadores reactivos para las máquinas para evitar los ruidos que puedan molestar sobre todo a la fauna próxima en el estanque de Nules.
- Reducir las intervenciones más impactantes, tales como el relleno con arenas de préstamo, en la época de invernada y paso migratorio de la avifauna.
- Evitar operar en la época de anidación o cría y reproducción de las especies avícolas importantes de la zona como las que se han comentado anteriormente. Esta época fluctúa a lo largo de su amplio rango y coincide en su mayor parte con la precipitación máxima en las zonas, o con el verano en ambientes tranquilos.
- Evitar el vertido indeseado de productos nocivos, teniendo especial cuidado en el medio litoral ya que este puede hacer que se propaguen con mucha facilidad.

## 7.4 Conclusión

Este proyecto genera muchos impactos importantes en la zona, pero existe un gran balance entre los impactos negativos que se darán sobre todo en la fase de construcción del proyecto, y los impactos positivos que se darán durante la fase de explotación.

## 8. Presupuesto

En este punto se realizará un breve resumen del presupuesto, ya que el presupuesto se detalla a fondo en su propio documento.

Capítulo 1: Espigones existentes					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (euros)
UO1	Reutilización de escollera (5-6 T)	T	5489,1	12,96	71138,74
UO2	Reutilización de material todouno	T	2151,36	2,13	4582,40
UO3	Retirada de escollera a vertedero	T	6336,9	15,52	98348,69
UO4	Retirada de material todouno a vertedero	T	537,84	2,59	1393,01
Total Capítulo 1					175462,83

Capítulo 2: Dique 1					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (euros)
UO5	Escollera de 0,5-0,6 T	T	1409,40	9,37	13206,08
UO6	Material todouno	T	4891,59	6,84	33458,48
UO7	Zahorra artificial	m <sup>3</sup>	130,00	21,51	2796,30
UO8	Escollera de 5-6 T	T	3061,80	7,85	24035,13
Total capítulo 2					49460,85

Capítulo 3: Dique 2					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (euros)
UO9	Escollera de 0,5-0,6 T	T	1324,84	9,37	12413,71
UO10	Material todouno	T	5813,50	6,84	39764,31
UO11	Zahorra artificial	m <sup>3</sup>	130,00	21,51	2796,30
UO12	Escollera de 5-6 T	T	707,00	7,85	5549,95
Total capítulo 3					54974,33

Capítulo 4: Dique 3					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (euros)
UO13	Escollera de 0,5-0,6 T	T	1155,71	9,37	10828,98
UO14	Material todouno	T	4956,41	6,84	33901,83
UO15	Zahorra artificial	m <sup>3</sup>	130,00	21,51	2796,30
Total capítulo 4					47527,11

Capítulo 5: Dique 4					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (euros)
UO16	Escollera de 0,5-0,6 T	T	1099,33	9,37	10300,74
UO17	Material todouno	T	4840,99	6,84	33112,39
UO18	Zahorra artificial	m <sup>3</sup>	130,00	21,51	2796,30
Total capítulo 5					46209,43

Capítulo 6: Alimentación artificial					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (euros)
UO19	Arenas Dn50: 2,5 mm	m <sup>3</sup>	762100,90	13,45	10250257,06
Total capítulo 6					10250257,06

Capítulo 7: Balizamiento					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (euros)
UO20	Sistemas luminosos	ud	3	689,24	2067,72
UO21	Equipo de alimentación	ud	3	789,1	2367,30
UO22	Estructura de soporte completa	ud	2	5912,17	11824,34
Total capítulo 7					16259,36

Capítulo 8: Seguridad y salud					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (euros)
UO23	Seguridad y salud	PA	1,00	30345,04	30345,04
Total capítulo 8					30345,04

<b>TOTAL EJECUCIÓN DE MATERIAL</b>	<b>10.670.496,01 €</b>
<b>12% GASTOS GENERALES</b>	<b>1.280.459,52€</b>
<b>7% BENEFICIO INDUSTRIAL</b>	<b>746.934,72€</b>
<b>SUMA DE GASTOS Y BENEFICIOS</b>	<b>12.697.890,25€</b>
<b>21% IVA</b>	<b>2.666.556,95€</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>	<b>15.364.447,20€</b>

Asciende el Presupuesto Base de Licitación a la expresada cantidad de QUINCE MILLONES TRESCIENTOS SESENTA Y CUATRO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y SIETE EUROS con VEINTE CÉNTIMOS.

## 9. Bibliografía.

- AYUNTAMIENTO DE NULES. [Consulta: 16 de marzo de 2019] <<http://www.nules.es/>>
- MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA. [Consulta: 22 marzo de 2019] <<https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/default.aspx> >. [Consulta: 22 marzo de 2019]
- PUERTOS DEL ESTADO, MINISTERIO DE FOMENTO. <<http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>> . [Consulta: 27 marzo de 2019].
- CONSELLERIA DE AGRICULTURA, MEDIO AMBIENTE, CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO RURAL.<<http://www.agroambient.gva.es/>> [Consulta: 2 abril de 2019]
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA - MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD. <[www.igme.es/](http://www.igme.es/)> [Consulta: 22 marzo de 2019]
- INSTITUT CARTOGRÀFIC VALENCIA. <<https://visor.gva.es/visor/>> [Consulta: 23 marzo de 2019]
- JOAN ALAGARDA HUGUET y JOSE ANTONIO ALAGARDA HUGUET (2018). Trabajo final de máster en UPV. Título: PROYECTO BÁSICO DE REGENERACIÓN COSTERA DE LA FACHADA MARÍTIMA DE NULES (CASTELLÓN). [Consulta: 14 junio de 2019]
- ARTURO BLASCO (2015). TFG en Grado de Ingeniería Civil. Universidad Politécnica de Valencia. PROYECTO DE ADECUACIÓN DE LA FACHADA MARÍTIMA DE SAPLAYA SUR (T.M. ALBORAIA, VALENCIA). OBRAS DE REGENERACIÓN. [Consulta: 10 abril de 2019]
- ROM 0.3-97. < <http://www.puertos.es/es-es/ROM>> [Consulta: 12 abril de 2019]
- NAVIONICS <<https://webapp.navionics.com/#boating@9&key=gi%60rFblF> > [Consulta: 12 abril de 2019]
- JOSE LUÍS ALMARÁN GÁRATE, M<sup>a</sup> DEL CARMEN PALOMINO MONZÓN y JOSE RAUL GARCIA MONTES (2.000) Título: INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE OBRAS DE DEFENSA DE OBRAS COSTERAS DE DEPÓSITO. .< <http://www.almazan-ingenieros.es/data/archivo/Introduccion%20al%20diseño%20de%20obras%20de%20defensa%20de%20formas%20costeras%20de%20deposito.pdf>>. [Consulta: 20 abril de 2019]
- ARIDOS GARCIA. < <http://www.aridsgarcia.com/es/la-oficina-virtual/tabla-de-densidad-de-los-materiales>>. [Consulta: 10 junio de 2019]
- LA MAQUINISTA VALENCIANA. < <http://www.lmvsa.com/producto.php?idioma=es&familia=15>>. [Consulta: 1 junio de 2019]

- BLANCA LLEÓ. *Faro de Nules*. <<http://blancalleo.com/es/faro-de-nules/>> [Consulta: 17 marzo de 2019]
- ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE ÁRIDOS DE LA COMUNIDAD VALENCIANA. *Procedencia de materiales*. <<https://arival.org/index.php/catalogo-de-explotaciones/castellon/>> [Consulta: 10 junio de 2019]
- SHORE PROTECTION MANUAL. [Consulta: 7 abril de 2019]
- PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS DEL CONTRATO DE SERVICIOS DE LA COORDINACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DE 35 VIVIENDAS PROTEGIDAS, TRASTEROS Y GARAJES EN LA PARCELA D1 DEL PERI ACCIÓN 34 “CALLE BILBAO” DE SALAMANCA. <<https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/ab42359c-b21a-447d-91b4-0a76faaa6092/DOC2019032217211104-PPT.pdf?MOD=AJPERES>> [Consulta: 26 abril de 2019]
- MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL. <[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/g\\_obras.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/g_obras.pdf)>
- UNIVERSIDAD DE CANTABRIA. DOCUMENTO TEMÁTICO REGENERACIÓN DE PLAYAS. [Consulta: 20 abril de 2019]

