

**PLANTA DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ EN EL  
NUEVO DIQUE DE ABRIGO PROYECTADO  
PARA EL PUERTO DE TARIFA, APBA CÁDIZ**

## PROYECTO DE VIABILIDAD





## ESTUDIO DE VIABILIDAD: ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	DOCUMENTO 0.1.
LEGISLACIÓN.....	DOCUMENTO 0.2.
MARCO GENERAL.....	DOCUMENTO 0.3.
DATOS DE PARTIDA .....	DOCUMENTO 0.4.
PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS .....	DOCUMENTO 0.5.
ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO .....	DOCUMENTO 0.6.
ALTERNATIVA SELECCIONADA .....	DOCUMENTO 0.7.

## 0.1. VIABILIDAD: INTRODUCCIÓN





## INTRODUCCIÓN: ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
1.1. ANTECEDENTES .....	3
1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ENERGÉTICO .....	3
1.1.2. EL MAR COMO FUENTE DE ENERGÍA .....	3
1.1.3. POTENCIAL DEL LITORAL ANDALUZ .....	3
<b>2. ENERGÍA DEL OLEAJE.....</b>	<b>6</b>
2.1. ENERGÍA DEL OLEAJE DISPONIBLE EN LA COSTA .....	6
2.2. INVESTIGACIONES Y ACTUACIONES REALIZADAS CON LA TECNOLOGÍA UNDIMOTRIZ .....	7
2.3. RAZONES SOCIALES Y AMBIENTALES.....	8
2.4. RAZONES ECONÓMICAS.....	8
2.5. RAZONES DE FUTURO.....	8
2.6. PLANES ACTUALES.....	9
2.7. EXPECTATIVAS DEL SISTEMA .....	9
2.8. EXPECTATIVAS EN LAS COSTAS.....	10
<b>3. CENTRAL UNDIMOTRIZ EN EL NUEVO DIQUE DE ABRIGO DEL PUERTO DE TARIFA .....</b>	<b>10</b>
3.1. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PUERTO DE TARIFA .....	10
3.2. METAS Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	11
<b>4. DOCUMENTACIÓN BÁSICA UTILIZADA .....</b>	<b>12</b>
<b>5. PLANOS.....</b>	<b>12</b>
5.1. SITUACIÓN DE TARIFA. ....	13
5.2. SITUACIÓN DEL PUERTO DE TARIFA .....	14
5.3. INFRAESTRUCTURAS ENERGÉTICAS DISPONIBLES EN LA ZONA .....	15



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. ANTECEDENTES

#### 1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ENERGÉTICO

A día de hoy, continuando la Naturaleza con el proceso de formación de combustibles fósiles, nos encontramos con un ritmo de generación que resulta mucho más lento que el ritmo de consumo que manifiesta la Humanidad.

Sólo en el caso de la energía nuclear, la escala de tiempo podría cambiar si llegamos a dominar la reacción de fusión, pero, refiriéndonos a las fuentes fósiles, actualmente su extinción va haciéndose patente, obligándonos a contemplar el uso de fuentes renovables.

Para situar a toda la población mundial en el nivel de consumo energético de los países desarrollados habría que triplicar el consumo anual de energía en el mundo, lo que plantea una situación insoluble en el estado actual de tecnología y reservas.

Además de los recursos energéticos del mundo hay que tener en cuenta otro aspecto fundamental, por las implicaciones económicas y geopolíticas que ocasiona: es que tratamos acerca de reservas de naturaleza estratégica, cuya desigual distribución causa uno de los más inquietantes factores del problema energético.

Así, de las reservas comprobadas de carbón a nivel mundial, dos tercios resultan en Estados Unidos, China y Rusia; una quinta parte se sitúa entre Reino Unido, Alemania Occidental y Australia, y el resto entre los demás países en proporciones mucho menores.

En cuanto al petróleo, algo más de la mitad de las reservas se hallan en Oriente Medio; un tercio en Rusia y Europa Oriental, el Continente Americano, y África; mientras en Europa occidental, China y otros países orientales se detecta un 10 por 100, con ligero predominio de Europa Occidental entre los tres. Por consiguiente, contrariamente a lo que ocurre con el carbón, la mayor parte de las reservas pertenecen a países no desarrollados y están concentradas en una zona geográfica que políticamente es muy inestable.

Respecto al gas natural, un tercio de las reservas totales lo tiene Rusia; algo más de un cuarto, Oriente Medio, y el Continente Americano, Europa occidental, África y Extremo Oriente.

Por último, en cuanto al uranio, la distribución conocida favorece a los países desarrollados, especialmente a Estados Unidos, Canadá, África del Sur, Australia, Suecia, Francia, España y algunos otros, como Nigeria, o India.

En definitiva, ante este planteamiento, han de contemplarse soluciones bajo la visión global del sistema energético a escala mundial, y plantearse para cada país un Plan Energético Nacional.

#### 1.1.2. EL MAR COMO FUENTE DE ENERGÍA

En estos últimos años, e iniciados en la explotación de la energía eólica terrestre, se está empezando a fijar como objetivo el obtener energía del mar.

Son cinco, según la Agencia Internacional de la Energía, las que podrían conseguirse aprovechando fenómenos como las mareas o *mareomotriz* (siendo ésta por ahora la más desarrollada, contando con la única planta comercial en Europa, *la Rance*, y considerándose como una de las instalaciones de energía marina más grandes del mundo); el oleaje o *undimotriz*; las corrientes marinas; el gradiente térmico; y el gradiente salino.

En el presente, como medio para su desarrollo, probablemente haya que ir hacia una concentración de esfuerzos de I+D+i, una mayor evaluación, evolución de tecnologías y marcos legales para la creación de un mercado que atraiga a los inversores, son los puntos que resaltan los expertos para poder conseguir un concepto que demuestre con claridad la viabilidad económica de las energías marinas.

#### 1.1.3. POTENCIAL DEL LITORAL ANDALUZ

Centrándonos concretamente en el sur peninsular, analizando el litoral andaluz, y según la Agencia Andaluza de Energía (con la asistencia técnica de EnerOcean S.L.), se ha realizado un estudio en el que se evalúan las posibilidades de aprovechamiento que ofrecen mares y océanos para obtener energía eléctrica:

##### Contenido del estudio:

- Preparación de la batimetría base usada en el estudio.



- Potencial asociado a la amplitud de las mareas.
- Potencial del gradiente térmico.
- Potencial de la energía del gradiente salino.
- Flujo medio anual de la energía del oleaje.
- Corrientes medias y potencia de la energía de las corrientes marinas.

- y Bahía de Cádiz.

**Batimetría base usada en el estudio**

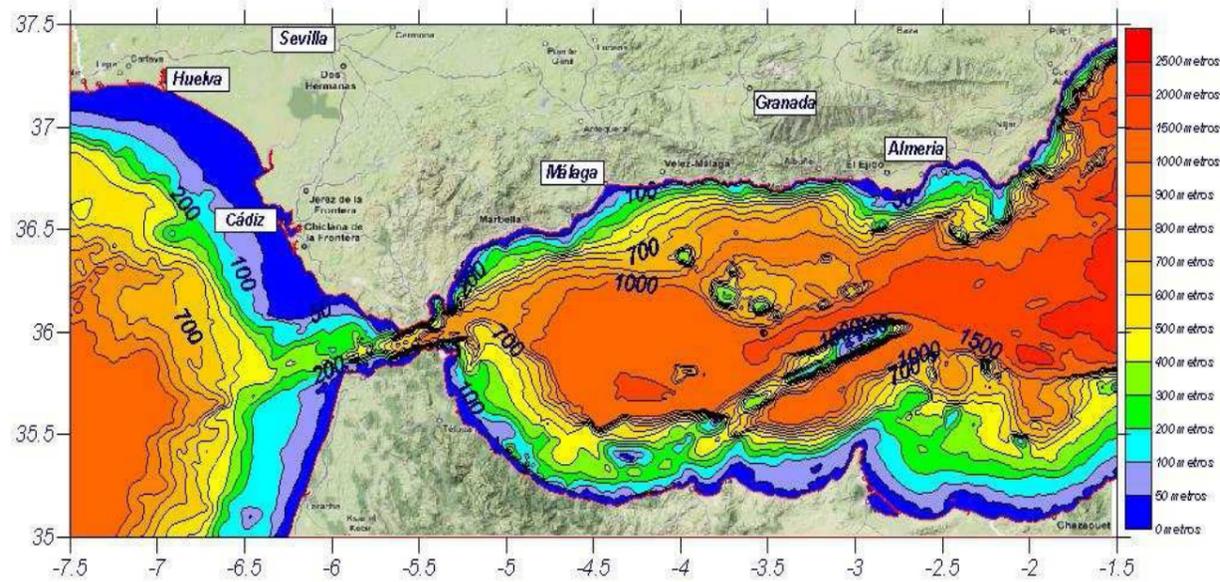


Fig. 1. Batimetría de Estudio de la Agencia Andaluza de la Energía

**Potencial de amplitud de las mareas**

Potencial total en estuarios y bahías de aproximadamente 50 MW concentrado en zonas tradicionales de Huelva:

- Guadiana
- Guadalquivir
- Piedras
- Tinto
- Odiel



Fig.2. Vista Aérea de Costa Andaluza. Bahía de Cádiz

**Potencial del gradiente térmico**

Potencial a 100 años: 350 MW; máxima densidad energética en torno a 40 kW/km<sup>2</sup>

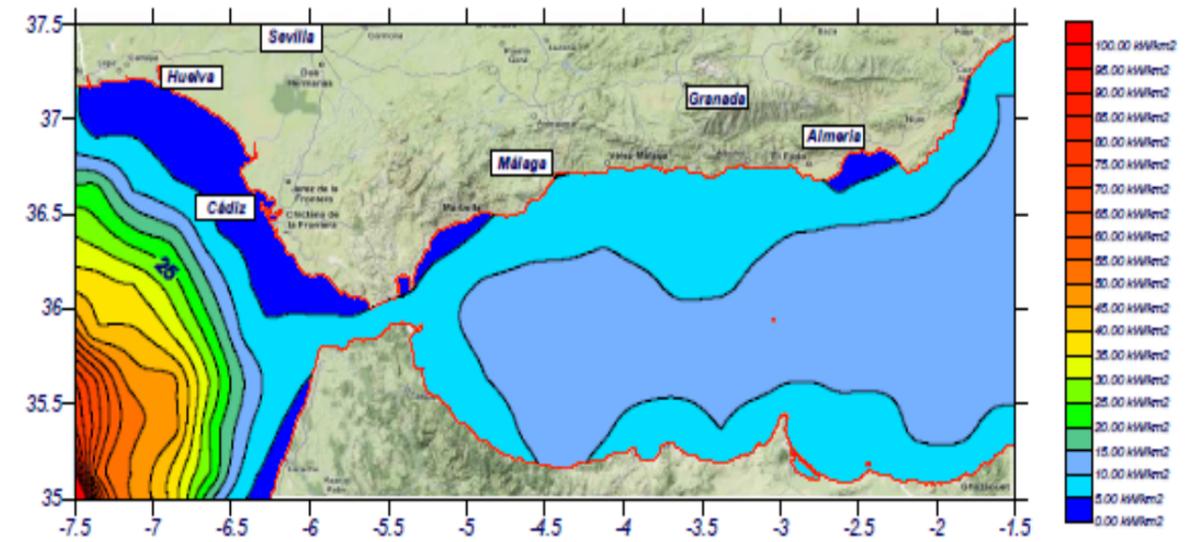


Fig. 3. Potencia de Gradiente Térmico en Costa Andaluza



Potencial muy limitado debido a bajo salto térmico, menor de 10°C (factible a partir de 20°C).

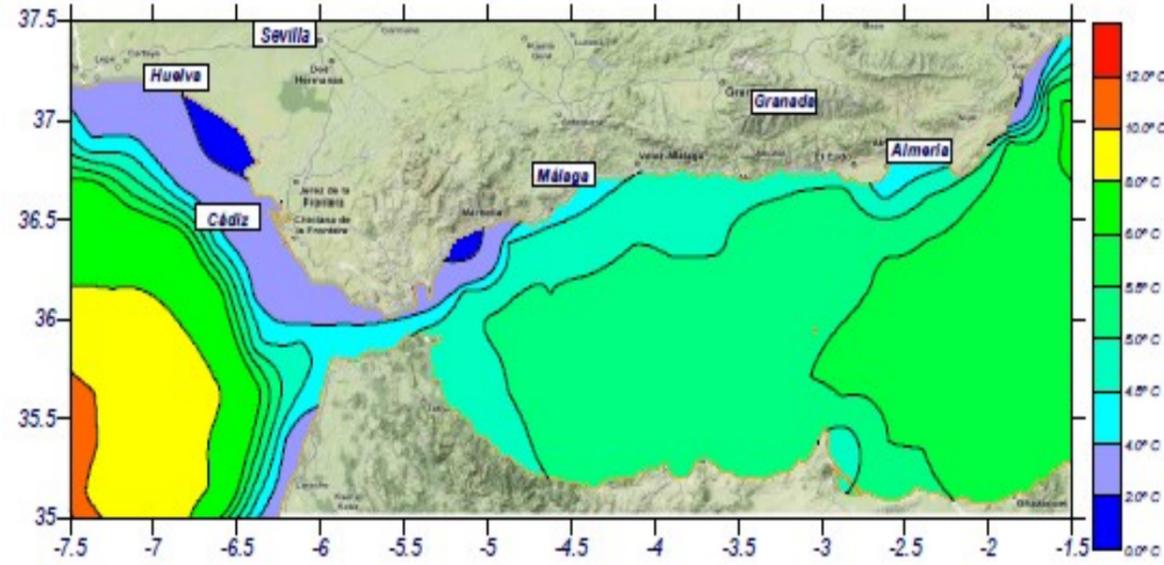


Fig.4. Gradiente Térmico en Costa Andaluza

**Potencial del gradiente salino**

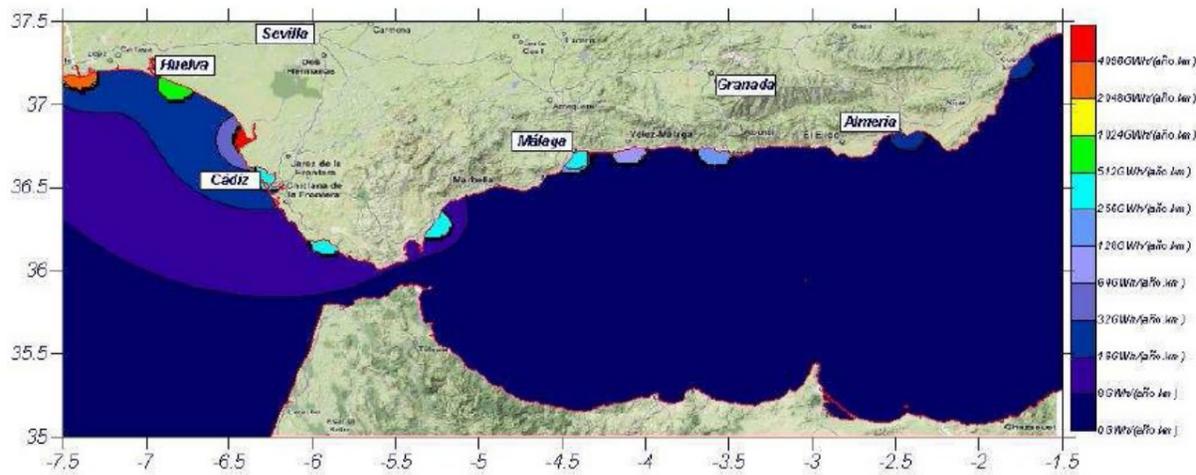


Fig.5. Potencial de Gradiente Salino en Costa Andaluza

Potencial 895 MW en Océano Atlántico y 101 MW en Mar Mediterráneo.

Poco explotable, impacto económico y ambiental, variación anual y bajo caudal.

**Flujo de energía asociado al oleaje**

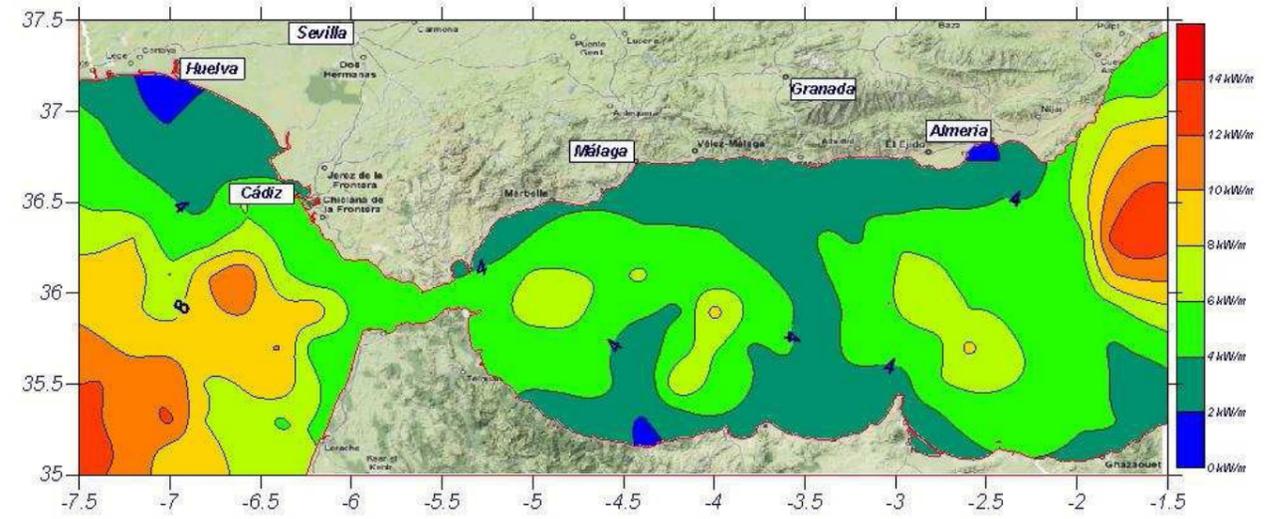


Fig.6. Potencial de Oleaje en Costa Andaluza

Potencial total de aproximadamente 2000 MW.

**Potencial de corrientes marinas**

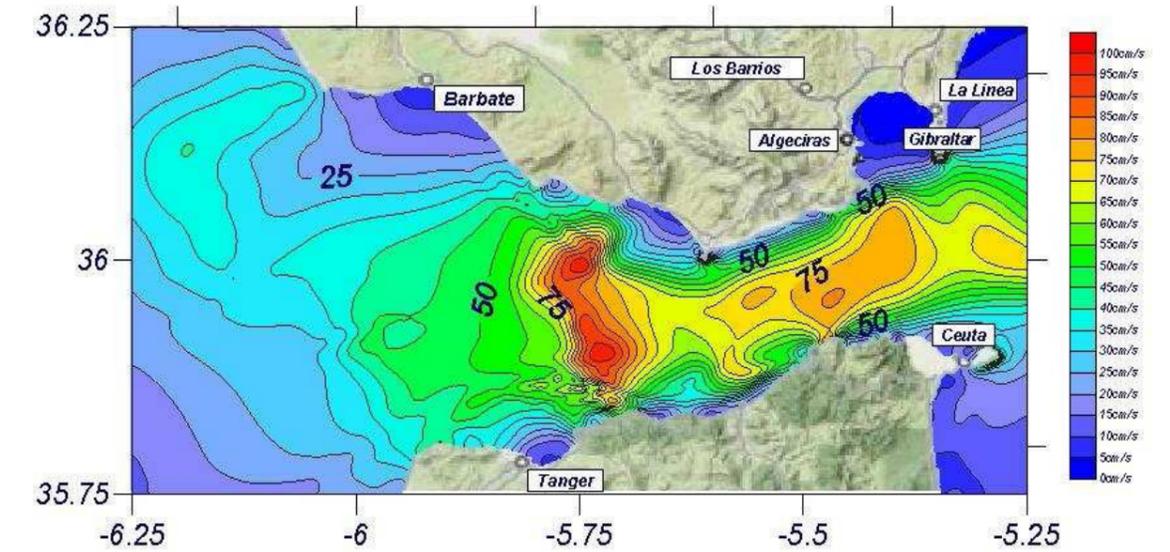


Fig.7. Potencial de Corrientes Marinas en Costa Andaluza

Potencial debido a corrientes marinas superior a 7000 MW.



Concentrado en zona del Estrecho de Gibraltar y compartido con Marruecos. El recurso bruto, 60 TWh, es comparable a los mejores del mundo, y mayor que el consumo eléctrico de Andalucía y Marruecos en 2006.

### Resumen Potenciales Brutos Marinos en Andalucía

Tipo de Potencial	Potencial Bruto (MW)
Gradiente Térmico	350
Gradiente Salino	~1.000
Mareas	50
Olas	2.000
Corrientes Marinas	7.000
<b>TOTAL</b>	<b>10.400</b>

Son datos, que idílicamente, nos podrían invitar a imaginar un total abastecimiento energético de la Comunidad Andaluza, por lo que a día de hoy, habrá que hacer hincapié en la investigación de estos campos.

## 2. ENERGÍA DEL OLEAJE

Las olas las forma el viento, pero luego son capaces de propagarse a grandes distancias (centenares y miles de kilómetros), sufriendo por el camino un gran número de procesos que las transforman.

Poseen una energía concentrada:

- 5 veces más concentrada que la energía eólica
- 10-30 veces más concentrada que la energía solar

Tal que ante la comparación de intensidad media energética:

- Solar: 100-200 W/m<sup>2</sup>
- Eólica: 400-600 W/m<sup>2</sup>

– Olas: 2-3 kW/m<sup>2</sup>

Éste es un modo de energía cinética a la que se puede acceder usando diversos mecanismos armónicos que responden al movimiento de las olas, captando parte de su energía. En definitiva, la energía undimotriz consiste en el aprovechamiento de la energía cinética y potencial del oleaje para la producción de electricidad.

### 2.1. ENERGÍA DEL OLEAJE DISPONIBLE EN LA COSTA

El oleaje se entiende como un derivado terciario de la energía solar. El calentamiento desigual de la atmósfera terrestre genera viento, y el viento genera olas. Únicamente el 0,01 % del flujo de la energía solar se transforma en energía de las olas.

El desplazamiento a grandes distancias, sin apenas pérdida energética, hace que aquella energía generada en cualquier parte del océano acabe en el borde continental, concentrándose así en las costas.

La energía contenida en el oleaje varía de un punto geográfico a otro, pero, en general, cuanto más nos alejamos del ecuador, más energía contiene. Aunque condiciones locales, tales como, tipo de costa, lugar donde se generen y profundidad del océano, tienen una gran importancia en la definición de la cantidad de energía.

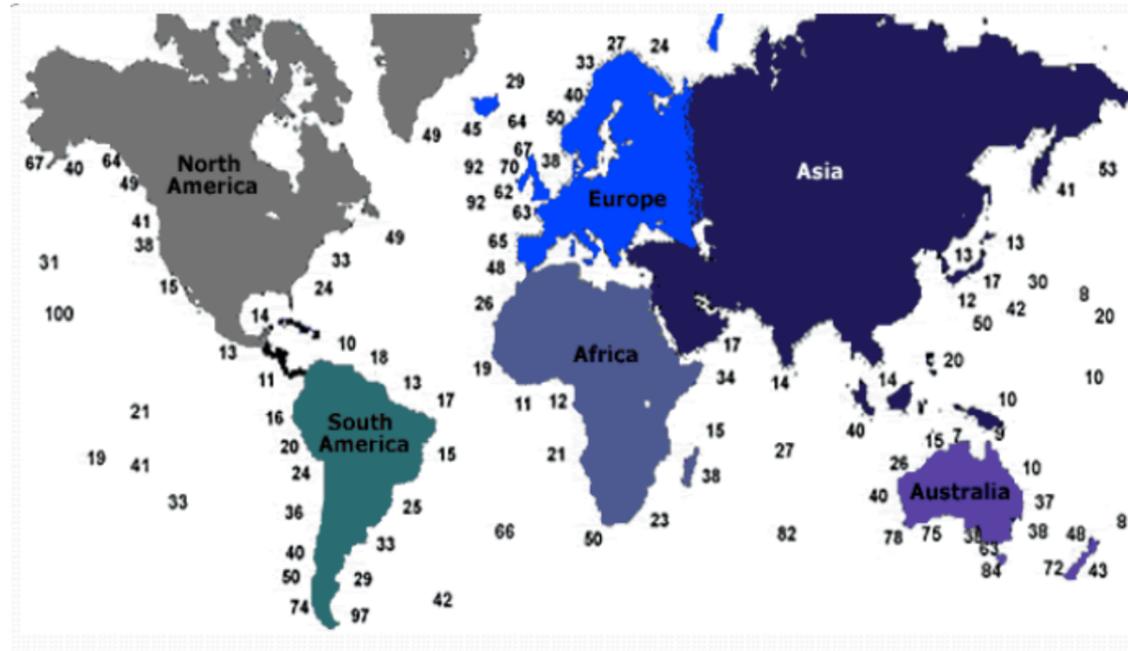


Fig.8. Energía media de olas kW/m (de frente de ola)

Así, las regiones con mayor actividad de oleaje son las que se hayan entre 30° y 60° de latitud, en ambos hemisferios, donde prevalecen los vientos del oeste, excepto en la costa africana occidental (20°). Por ello, las zonas con mayor potencial energético por metro de costa, son las costas de Estados Unidos, Canadá, Sudáfrica, Australia, Sudamérica y Escocia, siendo la densidad media del Océano Atlántico de 101 KW/m de frente de ola.

Según estimaciones, se puede asumir que el flujo de energía de las olas en Europa equivale a 1.000 TWh anuales y su distribución es:

- Costa noroeste 75%
- Costa del Mar del Norte 1,5%
- Costa del Mediterráneo 23,5%

Esta distribución define el total de energía disponible a lo largo de una línea paralela a la costa en las áreas anteriormente mencionadas e incluyendo olas en todas las direcciones. Todo este potencial no es aprovechable, debido a causas medioambientales y otras restricciones, pero da una idea del límite superior.

Se estima así que la energía de olas disponible en el Mar Mediterráneo es de 30 GW y 290 GW en la parte noreste del Océano Atlántico (considerando también el Mar del Norte).

## 2.2. INVESTIGACIONES Y ACTUACIONES REALIZADAS CON LA TECNOLOGÍA UNDIMOTRIZ

El primer convertidor de energía undimotriz se patentó en Francia en 1799. Sin embargo, el verdadero desarrollo de esta tecnología no comienza hasta el último cuarto del siglo XX. Noruega y Escocia son pioneras de la tecnología undimotriz. El país escandinavo instaló en 1985 una planta en la costa cercana a Bergen, en el que se combinaba una columna de agua oscilante con un sistema propio, denominado “canal rematado en punta”. Por su parte, Escocia lleva también años experimentado con estos sistemas en la isla de Islay, e incluso aportando nuevos, como el denominado *Pato de Salter*. Se trata de una especie de conos que al oscilar con las olas impulsan un generador. Países como Estados Unidos, Australia, India, China, Suecia o Japón también están probando distintos sistemas. Asimismo, en Portugal se inauguró frente a la localidad norteña de Póvoa de Varzim, el parque undimotriz de Okeanos, que vierte su electricidad a la red. En este caso se utilizan tres máquinas Pelamis con capacidad de 2,25 MW. También cuenta con una planta experimental que utiliza una columna de agua oscilante en la isla de Pico, en las Azores.

En España, el primer convertidor de energía instalado fue en una central térmica de Sabón (La Coruña), proyecto de *Unión FENOSA*, consistente en un dispositivo de columna de agua oscilante.

Además, dos proyectos recientes son el parque de energía undimotriz de Santoña (Cantabria), que utiliza boyas, y el proyecto en el dique de abrigo del Puerto de Mutriku (Guipúzcoa) que utiliza un sistema de columna de agua oscilante. También se han presentado los dispositivos nuevos *Cefloty* la *boya Arlas Invest*.

Recientemente, el Profesor Paolo Boccotti, en la Universidad de Calabria, Italia, investiga un nuevo sistema de columna oscilante, del que hasta ahora, según resultados, resulta dar un rendimiento mayor que otros sistemas instalados hasta el momento.



### 2.3. RAZONES SOCIALES Y AMBIENTALES

La energía es cada vez más necesaria y demandada por el estilo de vida de las sociedades actuales.

Este país se ve en la situación de tener que importar petróleo, gas, carbón, electricidad procedente de centrales nucleares...etc. Ello, además de suponer un coste monetario, es un coste al medio natural en mayor o menor medida, que se paga con un aumento de la contaminación y de la emisión de gases perjudiciales para el medio, incluido el ser humano.

Por esto se nos evoca a la idealización de planes energéticos, que acojan desde el ahorro y optimización de los recursos hoy disponibles, hasta la investigación y práctica de nuevos sistemas de producción energética, con la mayor rentabilidad posible, de baja o nula contaminación ambiental, y considerados renovables dentro del ciclo normal de la vida.

### 2.4. RAZONES ECONÓMICAS

No sólo los países desarrollados demandan ingentes cantidades de energía, ya que también lo van haciendo otras economías emergentes.

Según previsiones del *World Business Council for Sustainable Development*, a mediados de siglo la demanda global de energía podría haberse duplicado, e incluso triplicado. Y en la satisfacción de esta demanda las fuentes de energía no renovables seguirán teniendo una participación primordial.

Así, países como China y la India, que suponen el grueso del aumento de la demanda energética mundial, podrían tener que importar en torno al 70% de la energía para cubrir sus necesidades a mediados de siglo.

Ya son muchas las evidencias del problema; escalada de precios del barril de crudo motivada por la creciente demanda mundial de petróleo, la incapacidad de la oferta para seguir dicho ritmo de crecimiento y el déficit existente a escala mundial en la capacidad de refino.

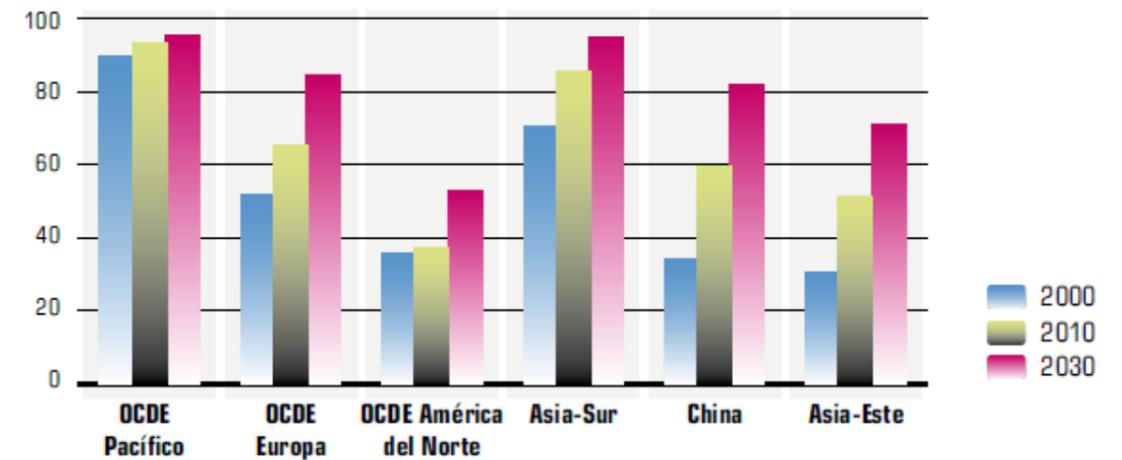


Fig.10. Evolución de la dependencia exterior del petróleo (% sobre demanda total)

Planteando las energías renovables como alternativa, hemos de tener en cuenta que actualmente se hallan en proceso de investigación la mayoría, por lo que no se puede hablar de rentabilidad puramente monetaria de estas energías, si se compara por ejemplo, con la energía nuclear.

Sin embargo, y como siempre ha sucedido a lo largo de los tiempos, la inversión se hace necesaria en materia de investigación, con miras a obtener sistemas más baratos y productivos, y, con miras al autoabastecimiento energético que podría tener este país o cualquier territorio, sin que su funcionamiento y economía dependan de las decisiones de un mercado energético externo.

### 2.5. RAZONES DE FUTURO

En un presente tenemos la necesidad a escala planetaria de hacer frente de manera urgente y resolutiva al desafío que plantea abordar un suministro de calidad, seguro y suficiente de energía sin generar desequilibrios en el ecosistema global, especialmente los asociados al gran reto que plantea el cambio climático. Para esto es necesario que la política energética se incorpore activamente al proceso ordenador del territorio desde su inicio, introduciendo la dimensión energética en las decisiones básicas de crecimiento urbano y ordenación de usos.



Por fuentes	Escenario tendencial (ET)		Escenario de ahorro (EA)		EA / ET
	Demanda (ktep)	Estructura (%)	Demanda (ktep)	Estructura (%)	Variación demanda (%)
Carbón	2.547	9,8	2.539	10,1	-0,3
Productos petrolíferos	11.280	43,2	10.499	41,7	-6,9
Gas natural	8.465	32,4	8.731	34,7	3,1
E. renovables	4.282	16,4	4.282	17,0	0,0
Energía eléctrica	-464	-1,8	-896	-3,6	-
<b>Total</b>	<b>26.109</b>	<b>100</b>	<b>25.154</b>	<b>100</b>	<b>-3,7</b>

Fig.11. Demanda de Energía Primaria en 2013

Así en un futuro, habríamos de depender en menor medida de los combustibles fósiles, tener menores niveles de contaminación que actualmente provocamos (parte de ellos debidos a nuestros sistemas energéticos), y ser más independientes en este campo.

Y, si nos centramos en el territorio que ocupa este país, debería resultarnos más fácil el llegar a esas metas, teniendo en cuenta su clima, geografía y situación privilegiada ante fenómenos de oleaje, mareas, corrientes, radiación solar, viento...de que se dispone.

## 2.6. PLANES ACTUALES

- El Consejo Europeo adoptó en la Cumbre de Primavera de 2007, el Plan de Acción del Consejo Europeo (2007 – 2009), en la que se adoptaron, como fundamentales, compromisos vinculantes para el año 2020.
- En las iniciativas puestas en marcha en España se encuentra el Plan de Energías Renovables 2011-2020:
  - La aportación de las energías renovables al consumo final bruto de energía en España se estima para el año 2020 en un 22,7%, casi tres puntos superior al objetivo obligatorio fijado por la Unión Europea para sus estados miembros, mientras que la aportación de las renovables a la producción de energía eléctrica alcanzará el 42,3%, con lo que España también superará el objetivo fijado por la UE en este ámbito (40%).
  - Este superávit podrá ser utilizado, a través de los mecanismos de flexibilidad previstos en la Directiva de renovables, para su transferencia a otros países europeos que resulten deficitarios en el cumplimiento de sus objetivos.

- En Andalucía rige el Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2007 – 2013 (PASENER) Éste establece entre los objetivos básicos de la Comunidad Autónoma el desarrollo industrial y tecnológico basado en la suficiencia energética, y entre los principios rectores contempla el impulso y desarrollo de las energías renovables, el ahorro y eficiencia energética. Para ello exhorta a los poderes públicos de Andalucía a potenciar las energías renovables y limpias, y a llevar a cabo políticas que favorezcan la utilización sostenible de los recursos energéticos, la suficiencia energética y el ahorro con el fin de evitar el cambio climático.

## 2.7. EXPECTATIVAS DEL SISTEMA

La energía solar que llega a la superficie terrestre se puede calcular a partir de la “constante solar”, que representa la cantidad total de energía por segundo que se recibe en el borde exterior de la atmósfera, considerando una distancia promedio entre la Tierra y el Sol. Tomando como valor de energía total del espectro solar 1353 W/m<sup>2</sup>, se obtiene que la potencia solar absorbida por la Tierra es de 375 W/m<sup>2</sup>.

El 0.75% de la irradiación solar que llega a la superficie terrestre genera las corrientes atmosféricas, vientos, que transfieren el 40% de su energía a la superficie del mar. Por tanto, la energía del Sol que se transmite al oleaje es:

$$0.75 \% * 40\% * 375 \text{ W/m}^2 = 1 \text{ W/m}^2$$

Thorpe ha calculado que las olas suponen un recurso de 2 TWaño/año de potencia, equivalente a una capacidad energética anual de 17520 TWh, que puede suministrar 2000 TWh/año de electricidad (Thorpe, 2000). El CIEMAT da un valor de la demanda de electricidad a nivel mundial mayor que 17000 billones de KWh; por tanto, la energía de las olas podría cubrir el 10% del consumo mundial eléctrico, con una inversión de 820 billones de Euros (Thorpe, 2000).



## 2.8. EXPECTATIVAS EN LAS COSTAS

Por lo general, se trata de una energía limpia, totalmente renovable, silenciosa y poco visible; es local, y de producción autónoma y continua de electricidad.

Además, presenta un bajo impacto ambiental.

Falcão afirma que, dependiendo de las características del emplazamiento y del acceso hasta el dispositivo, la estructura de captura de oleaje (normalmente OWC en la costa), puede estar fijada a un muro rocoso vertical o en pendiente, o incorporada a un rompeolas (Falcão, 2004).

En el caso del rompeolas, la opción presentaría dos ventajas importantes: el que se compartan los costes de la construcción, y que el acceso a la planta sea mucho más sencillo durante las fases de ejecución, operación y mantenimiento. Así, las barreras de protección costeras, los espigones o las escolleras de los muelles, ofrecerían buenos emplazamientos para alojar turbinas.

Por otra parte, desde principios de los años 80 se ha venido viendo, tanto experimental como teóricamente (Count, 1984), que el rendimiento del proceso de absorción de la energía del oleaje mejora significativamente si se aumenta la estructura de la cámara en la dirección de las olas, mediante una cavidad natural o artificial saliente que tenga forma de colector o de puerto.

Esta idea incitaría a plantearse el estudio de la doble utilidad en nuevas estructuras portuarias que se prevean para el litoral.

## 3. CENTRAL UNDIMOTRIZ EN EL NUEVO DIQUE DE ABRIGO DEL PUERTO DE TARIFA

Siguiendo en la línea de avance en el campo de las energías renovables, y más concretamente de la proveniente del oleaje, surge la posibilidad de llevar a la realidad algunas de las ideas a las que ya hemos llegado.

De modo similar al caso de Mutriku (Guipúzcoa), en el Puerto de Tarifa se planteó una ampliación, solicitada por la necesidad de mayor capacidad de las instalaciones saturadas existentes, para atender

con requisitos de calidad y seguridad, el volumen de tráfico de pasajeros y vehículos que soporta ya en la actualidad y, más aún, para garantizar la demanda prevista en un horizonte temporal de 25 años.

Se ha proyectado un nuevo dique de abrigo perpendicular a la línea de costa, y un contradique a partir del anterior sensiblemente paralelo a la costa (aunque a día de hoy el proyecto está paralizado).

Partiendo del estudio de la zona, y de que algún día se lleven a cabo las obras mencionadas, cabe la idea de incorporar un sistema de captación de olas en el dique de abrigo, usando el sistema de columna de agua oscilante, que permita la conversión de su energía. Ello, con unas modificaciones en la infraestructura, que permitan sin problema el cumplimiento que ha de ejercer la obra como sistema de protección.

## 3.1. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PUERTO DE TARIFA

Tarifa, se ubica en el extremo sur de Andalucía, comunidad autónoma española que posee la mayor longitud costera y la única con costa atlántica y mediterránea, confluyentes en el Estrecho de Gibraltar.

El término municipal cuya extensión es de 419 km<sup>2</sup>, es el más extenso del Campo de Gibraltar. Limita al este, con los términos municipales de Algeciras, Los Barrios; al Nordeste con Medina Sidonia, y al Norte con Vejer de la Frontera y Barbate. Sus coordenadas geográficas son 36° 01' N, 5° 36' O, encontrándose su parte baja a una altitud de 7 metros sobre el nivel del mar y a 101 kilómetros de la capital de provincia de Cádiz, a la que pertenece.

El estrecho, único canal natural de comunicación entre un mar regional, el Mediterráneo, y un océano, el Atlántico, relaciona su formación directamente con procesos tectónicos ocurridos entre las placas ibérica y africana.

Los límites geográficos del estrecho de Gibraltar no están claramente definidos; su eje sigue aproximadamente la dirección este-oeste en las inmediaciones del paralelo 36 N. Su longitud es de unos 60 Km. entre lo que se considera su límite occidental, la sección cabo de Trafalgar-Espartel, y su límite oriental en la sección punta Europa-punta Almina. La anchura es variable entre ambas secciones, desde los 44 Km. en su entrada occidental hasta los 14 Km. entre Tarifa y punta Cires, en la zona denominada Tarifa 'narrows'. Aquí, la acción del viento puede inducir velocidades en superficie del orden del 3% de su misma velocidad.

El proyecto del puerto de Tarifa, concebido en su origen como puerto refugio, fue redactado por la Dirección General de Obras Públicas en 1924. Tras adjudicarse la subasta de las obras en 1925, la



construcción del puerto se inició a finales de aquel mismo año. En la actualidad, y desde 1982, depende administrativamente de la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras.

El Puerto se sitúa a una latitud de 36° 07' N, y longitud de 5°36' WG. Presenta viento en régimen reinante del NW y E, al igual que el viento en régimen dominante.



Fig.9. Vista aérea de Tarifa, Isla de Las Palomas y Puerto

### 3.2. METAS Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El objeto que ocupa este proyecto es el planeamiento de una planta undimotriz, en el nuevo dique de la ampliación del Puerto de Tarifa, para la conversión de energía del oleaje en energía eléctrica.

Partiendo de la obra definida como solución al problema de capacidad de las actuales instalaciones portuarias del Puerto de Tarifa, en Junio de 2010, se plantea la posibilidad de aprovechar la

construcción de un nuevo dique para incorporar la planta. Para ello se tomará a cuenta un estudio previo del oleaje existente en la zona, así como la búsqueda de la solución que implique las mínimas modificaciones en el dique ya proyectado.

El estudio de viabilidad es básico y necesario, puesto que revela si la realización del propuesto proyecto es adecuada desde el punto de vista funcional, económico, ambiental y social. Además orientará sobre otros muchos factores a los cuales afecta la realización de esta obra de carácter marítimo.



#### 4. DOCUMENTACIÓN BÁSICA UTILIZADA

A continuación se detallan las fuentes de información utilizadas para la redacción de este documento y su procedencia:

CÉSAR VIDAL PASCUAL

Artículo “*Análisis de la Energía del Oleaje en las Costas Españolas*” Revista de Obras Públicas, Febrero 1986, págs. 95-108.

Artículo “*Análisis de un Sistema Hidroneumático para el Aprovechamiento de la Energía del Oleaje*” Revista de Obras Públicas 1987, págs. 397-410.

JESÚS INCINILLAS MARTÍNEZ; JOSÉ MARÍA MARCOS FANO

Artículo “*Una panorámica sobre las energías renovables en España*” Revista de Obras Públicas, Junio 2000, págs.11-19.

MANUEL MONTES PONCE DE LEÓN Artículo “*Estrategias de investigación técnica del Ministerio de Educación y Ciencia*” Revista de Obras Públicas, Julio 2005, págs.23-26.

PLAN ANDALUZ DE SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA 2007-2013 “*Hacia un nuevo modelo energético*”

ALAIN CLÉMENT, PAT MCCULLEN, ANTONIO FALCAO, ANTORIO FIORENTINO, FRED GARDNER, KARN HAMMARLUND, FEORGE LEMONIS, TONY LEWIS, KIM NIELSEN, SIMONA PENTROCINI, M.TERESA PONTES, PHILLIPPE SCHILD, BENGT-OLOV SJÖSTRÖM, HANS CHRISTIAN SORENSEN AND TOM THORPE. Artículo “*Wave energy in Europe: current status and perspectives*” <http://www.sciencedirect.com/science>

J.M. PAIXAÑO CONDE, L.M.C. GATO Artículo “*Numerical study of the air-flow in an oscillating water column wave energy converter*” <http://www.elsevier.com>

PEDRO FERNÁNDEZ DÍEZ “*Energía de las Olas*”;  
“*Técnicas que aprovechan la energía de las olas*” <http://libros.redsauce.net/>

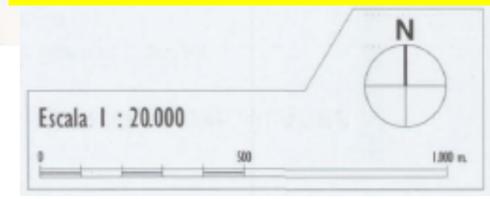
ANTONIO FIGUERAS Artículo “*Aprovechando la energía del mar. Atando olas*” [http://weblogs.madrimasd.org/ciencia\\_marina/archive/2009/10/29/72161.aspx](http://weblogs.madrimasd.org/ciencia_marina/archive/2009/10/29/72161.aspx)

#### 5. PLANOS



### 5.1. SITUACIÓN DE TARIFA.

E= 1:200.000





## 5.2. SITUACIÓN DEL PUERTO DE TARIFA





5.3. INFRAESTRUCTURAS ENERGÉTICAS DISPONIBLES EN LA ZONA





MAPA DE INFRAESTRUCTURAS ENERGÉTICAS DE ANDALUCÍA





## 0.2. VIABILIDAD: LEGISLACIÓN





## LEGISLACIÓN: ÍNDICE

<b>LEGISLACIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>1. GENERAL</b> .....	<b>3</b>
1.1. LEYES.....	3
1.2. REGLAMENTOS.....	3
1.3. NORMAS.....	3
<b>2. TÉCNICA</b> .....	<b>3</b>
2.1. INSTRUCCIONES.....	3
2.2. NORMAS.....	3
2.3. PLIEGOS.....	3
2.4. RECOMENDACIONES.....	3
2.5. REGLAMENTOS.....	4
<b>3. MEDIOAMBIENTAL</b> .....	<b>4</b>
3.1. LEYES.....	4
3.2. REALES DECRETOS.....	4
3.3. REGLAMENTOS.....	4
<b>4. ENERGÍA MARINA</b> .....	<b>5</b>
<b>5. PREVENCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>6. PUERTOS DEL ESTADO</b> .....	<b>8</b>



## LEGISLACIÓN

### 1. GENERAL

#### 1.1. LEYES

- Ley de Costas, 1988
- Ley 27/92 de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, modificada por Ley 62/97.
  - Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante.
- Régimen económico y de prestación de servicios de los puertos de interés general, 2003.
- Ley 34/2010, de 5 de agosto, de modificación de las Leyes 30/2007, de 30 de octubre, de Contratos del Sector Público, 31/2007, de 30 de octubre, sobre procedimientos de contratación en los sectores del agua, la energía, los transportes y los servicios postales, y 29/1998, de 13 de julio, reguladora de la Jurisdicción Contencioso-Administrativa para adaptación a la normativa comunitaria de las dos primeras.

#### 1.2. REGLAMENTOS

- Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado, PCAG, 1970. General para el desarrollo y ejecución de la Ley de Costas, 1988 y su corrección de errores, 1989.

#### 1.3. NORMAS

- Orden FOM/4003/2008, de 22 de julio, por la que se aprueban las normas y reglas generales de los procedimientos de contratación de Puertos del Estado y Autoridades Portuarias.
- Orden de 12 de febrero de 1998 por la que se aprueba el Plan de utilización de los espacios portuarios de los puertos dependientes de la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras.

## 2. TÉCNICA

### 2.1. INSTRUCCIONES

- Hormigón Estructural, EHE, 2008.
- Fabricación y Suministro de Hormigón Preparado, EHPRE-72, 1972.
- Recepción de cementos, Norma Básica RC-08, 2008.
- Señalización, balizamiento, defensa y limpieza y terminación de obras, 8.3-IC, 1987.

### 2.2. NORMAS

- Sismorresistente NCSR-02, 2002.
- UNE vigentes del Instituto Nacional de Racionalización y Normalización.
  - UNE-EN-1536: Pilotes perforados.
  - UNE-EN-1538: Muros de pantallas.
- Ensayo del Laboratorio de Transporte y Mecánica del Suelo.
- Grados de herrumbre en superficies de acero y grados de preparación de estas superficies para la aplicación de pinturas anticorrosivas, SIS-055900, 1967.
- Escala europea de grados de corrosión para pinturas anticorrosivos, SIS-185111.

### 2.3. PLIEGOS

- Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, PG-4/88, 1988.
- Orden FOM/1382/2002, de 16 mayo, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes relativos a la construcción de explanaciones, drenajes y cimentaciones.

### 2.4. RECOMENDACIONES

- Internacionales para el cálculo y ejecución de las obras de hormigón, 1970, del Comité Europeo del Hormigón, CEB y Federación Internacional del Pretensado, FIP.
- Recomendaciones para la Gestión del material dragado en los puertos españoles (CEDEX), 1984.



## 2.5. REGLAMENTOS

- Mercancías Peligrosas para Puertos.
- Nacional del Trabajo en la Construcción y Obras Públicas y Disposiciones complementarias.
- Directiva 2003/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 26 de junio de 2003, relativa a las normas comunes para el mercado interior de la electricidad.
- Decisión 2003/796/CE de la Comisión, del 11 de noviembre de 2003, por la que se establece el grupo de entidades reguladoras europeas de la electricidad y del gas.
- Directiva 2003/55/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, relativa a las normas comunes para el mercado interior del gas natural. Reglamento (CE) n° 1228/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo del 26 de junio de 2003 sobre las condiciones de acceso a la red para el comercio transfronterizo de electricidad.
- Directiva 2009/72/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2009, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad.
- Directiva 2005/89/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de enero de 2006, sobre las medidas de salvaguarda de la seguridad del abastecimiento de electricidad y la inversión en infraestructura.

## 3. MEDIOAMBIENTAL

### 3.1. LEYES

- Real Decreto Legislativo 1/2008. Aprobación del Texto Refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos.
  - Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero.
- Ley 26/2007 de Responsabilidad Ambiental.
- Ley 34/2007 de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera.
  - Orden ARM/1783/2011, de 22 de junio, por la que se establece el orden de prioridad y el calendario para la aprobación de las órdenes ministeriales a partir de las cuales será exigible la constitución de la garantía financiera obligatoria, previstas en la disposición final cuarta de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.

- Ley 37/2003 del Ruido
  - Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

### 3.2. REALES DECRETOS

- Real Decreto 1367/2007. Desarrollo parcial de la Ley del Ruido.
- Real Decreto 1513/2005. Desarrollo parcial de la Ley del Ruido.
- Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Real Decreto 9/2005. Actividades Potencialmente Contaminantes y Suelos Contaminados.
- Real Decreto 1481/2001. Eliminación de residuos en Vertedero.
- Real Decreto 1131/1988. Desarrollo del Real Decreto Legislativo 1302/1986 (derogado) de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos.
- Real Decreto 925/1997 por el que se modifica el Reglamento de la Ley de Residuos Tóxicos y Peligrosos (derogada).
- Real Decreto 833/1975. Desarrollo de la Ley 38/1972 (derogada) de Protección del Ambiente atmosférico.

### 3.3. REGLAMENTOS

- Reglamento (CE) n° 1906/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 por el que se establecen las normas de participación de empresas, centros de investigación y universidades en las acciones del Séptimo Programa Marco, y las normas de difusión de los resultados de la investigación (2007-2013) [Diario Oficial L 391 de 30.12.2006].
- Reglamento (UE) n° 1233/2010 del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de diciembre de 2010 por el que se modifica el Reglamento (CE) no 663/2009, por el que se establece un programa de ayuda a la recuperación económica.



#### 4. ENERGÍA MARINA

- El marco regulatorio de la energía marina viene determinado por diversas leyes de las que deberíamos destacar el RD 661/2007, que regula la producción de energía eléctrica en régimen especial e identifica en el grupo b.3 la energía undimotriz y mareomotriz,
  - Sin embargo, recientemente aparece el Real Decreto-ley 2/2013, de 1 de febrero, de medidas urgentes en el sistema eléctrico y en el sector financiero. Éste modifica el RD 661/2007, con actualizaciones de retribuciones de actividades del sistema eléctrico vinculadas al Índice de Precios de Consumo (IPC).
- RD 1028/2007, que establece el procedimiento administrativo de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial.
  - Real Decreto 1485/2012, de 29 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio, por el que se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial, para adaptarlo a la nueva denominación y estructura de los departamentos ministeriales.

#### 5. PREVENCIÓN

##### Año 1995

- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales

##### Año 1997

- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en su redacción dada por el Real Decreto 780/1998, de 30 de abril.
- Orden de 27 de junio de 1997 por la que se desarrolla el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en relación con las condiciones de acreditación de las entidades especializadas como servicios de prevención ajenos a las empresas, de autorización de las personas o entidades especializadas que pretendan desarrollar la actividad de auditoría del sistema de prevención de las empresas y de autorización de las entidades públicas o privadas para desarrollar y certificar actividades formativas en materia de prevención de riesgos laborales.

- Real Decreto 1161/2001, de 26 de octubre, por el que se establece el título de Técnico superior en Prevención de Riesgos Profesionales y las correspondientes enseñanzas mínimas.
- Real Decreto 277/2003, de 7 de marzo, por el que se establece el currículo del ciclo formativo de grado superior correspondiente al título de Técnico Superior en Prevención de Riesgos Profesionales.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Guía del INSHT del RD 485/1997 <http://www.mtas.es/insht/practice/senal.pdf>
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Guía del INSHT del RD 486/1997 <http://www.mtas.es/insht/practice/lugares.pdf>
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsos lumbar, para los trabajadores. Guía del INSHT del RD 487/1997 <http://www.mtas.es/insht/practice/cargas.pdf>
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y Salud relativas al trabajo con equipos que incluye pantallas de visualización. Guía del INSHT RD 488/1997 <http://www.mtas.es/insht/practice/pantallas.pdf>
- Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Orden de 25 de marzo de 1998 por la que se adapta en función del progreso técnico el Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Guía del INSHT RD 664/1997 [http://www.mtas.es/insht/practice/agen\\_bio.pdf](http://www.mtas.es/insht/practice/agen_bio.pdf)
- Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados graves con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- Real Decreto 1124/2000, de 16 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. (Fecha actualización 20 de octubre de 2000)
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. Guía del INSHT del RD 773/1997 <http://www.mtas.es/insht/practice/epi.pdf>
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Guía del INSHT RD 1215/1997 <http://www.mtas.es/insht/practice/equipo1.pdf>



- Real Decreto 1216/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo a bordo de los buques de pesca.
- Real Decreto 1389/1997, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Resolución de 8 de abril de 1999, sobre Delegación de Facultades en Materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción, complementa art. 18 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre de 1997, sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

#### **Año 1998**

- Real Decreto 1488/1998, de 10 de julio, de adaptación de la legislación de prevención de riesgos laborales a la Administración General del Estado.
- Real Decreto 1932/1998, de 11 de septiembre, de adaptación de los capítulos III y V de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, al ámbito de los Centros y Establecimientos Militares.

#### **Año 1999**

- Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el ámbito de las Empresas de Trabajo Temporal.
- Real Decreto 258/1999, de 12 de febrero, por el que se establecen condiciones mínimas sobre la protección de la salud y la asistencia médica de los trabajadores del mar.

#### **Año 2001**

- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. Guía del INSHT del RD 374/01 [http://www.mtas.es/insht/practice/g\\_AQ.pdf](http://www.mtas.es/insht/practice/g_AQ.pdf)
- Documento sobre límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2003 <http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm>
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Guía del INSHT del RD 614/01 [http://www.mtas.es/insht/practice/g\\_electr.pdf](http://www.mtas.es/insht/practice/g_electr.pdf)

#### **Año 2003**

- Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.

#### **Año 2004**

- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- Real decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

#### **Año 2005**

- Real Decreto 277/2005, de 11 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de Explosivos, aprobado por el real Decreto 230/1998, de 16 de febrero.
- Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- Real decreto 688/2005, de 10 de junio, por el que se regula el régimen de funcionamiento de las mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social como servicio de prevención ajeno.

#### **Año 2006**

- Real decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.



- Real decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ley 32/2006 reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.
  - Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.
- Orden TAS/3623/2006, de 28 de noviembre, por la que se regulan las actividades preventivas en el ámbito de la Seguridad Social y la Financiación de la fundación para la Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.

#### **Año 2007**

- Real Decreto 597/2007, de 4 de mayo, sobre publicación de las sanciones por infracciones muy graves en materia de prevención de riesgos laborales.

#### **Año 2008**

- Real Decreto 1470/2008, de 5 de septiembre, por el que se modifica el Real Decreto 1879/1996, de 2 de agosto, por el que se regula la composición de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, para su adaptación a la nueva estructura de los departamentos ministeriales de la Administración General del Estado.

#### **Año 2009**

- Real Decreto 298/2009, de 6 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en relación con la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia.

#### **Año 2010**

- Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.
- Orden TIN/2504/2010, de 20 de septiembre, por la que se desarrolla el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en lo referido a la acreditación de entidades especializadas como servicios de prevención, memoria de actividades preventivas y autorización para realizar la actividad de auditoría del sistema de prevención de las empresas.
- Real Decreto 1714/2010, de 17 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1879/1996, de 2 de agosto, por el que se regula la composición de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, para su adaptación a la nueva estructura de los departamentos ministeriales de la Administración General del Estado.

#### **Año 2011**

- Real Decreto 568/2011, de 20 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 258/1999, de 12 de febrero, por el que se establecen condiciones mínimas sobre la protección de la salud y la asistencia médica de los trabajadores del mar.
- Real Decreto 843/2011, de 17 de junio, por el que se establecen los criterios básicos sobre la organización de recursos para desarrollar la actividad sanitaria de los servicios de prevención.

#### **Año 2012**

- Revisión de la Resolución de 17 de febrero de 2004, de la Secretaría de Estado para la Administración Pública, por la que se aprueba y dispone la publicación del modelo de Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales para la Administración General del Estado.



## 6. PUERTOS DEL ESTADO

### RECOMENDACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS, ROM, PUBLICADAS:

Las 'Recomendaciones de Obras Marítimas y Portuarias' que sucesivamente fueron aprobadas hasta hoy (con una referencia para cada caso del año de su conclusión) se relacionan según sigue:

- ROM 0.2-90 , Acciones para Proyecto de Obra Marítimo-Portuaria [ver ROM 0.0, ROM 0.5-05, ROM 2.0-11];
- ROM 0.3-91 , Accion Climática (I): Oleaje. Anexo: Clima Marítimo del Litoral Español [ver ROM 1.0-09];
- ROM 0.5-94 , Geotecnia en Proyecto de Obras Marítimo-Portuarias [ver ROM 0.5-05];
- ROM 4.1-94 , del Proyecto y Construcción de Pavimentos Portuarios;
- ROM 0.4-95 , sobre las Acciones Climáticas para el Proyecto (II): Viento;
- ROM 3.1-99 , Configuración Marítima: Canales del Acceso y Áreas de Flotación;
- ROM 0.0-01 , del Procedimiento General y las Bases de Cálculo en el Proyecto;
- ROM 0.5-05 , para Recomendaciones Geotécnicas en las Obras Marítimas;
- ROM 5.1-05 , de la Calidad del Agua Litoral en las Áreas Portuarias;
- ROM 2.0-08 , sobre Muelles y otras Estructuras del Atraque o Amarre [ver ROM 2.0-11];
- ROM 1.0-09 , para los Diques de Abrigo contra las Oscilaciones del Mar;
- ROM 2.0-11 , diseños y ejecución en Obras de Atraque y Amarre: Criterios generales y Factores del Proyecto.

Recomendaciones de Obras Marítimas: Guías

- Guía para la elaboración de memorias de sostenibilidad en el Sistema Portuario Español
- Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas

Atlas de Puertos del Estado:

- Atlas de Puertos 1.989.

Inventario de Obras de Puertos del Estado:

- Diques de abrigo en España. Volumen I. Fachadas Norte y Galicia.
- Diques de abrigo en España. Volumen II. Fachadas Canarias, Sur atlánticas y sur mediterránea.
- Diques de abrigo en España. Volumen III. Fachadas Levante, Cataluña y Baleares, 1988.
- Obras de atraque de cajones en España. 1988.

- Obras de atraque de bloques y pilotes en España. Fachada Norte. 1994.
- Obras de atraque de bloques y pilotes en España. Fachada Galicia. 1995.

Atlas geotécnicos de Puertos del Estado:

- Valencia
- Barcelona
- Sevilla
- Bilbao
- Algeciras

Atlas geotécnico de los Puertos Españoles, CEDEX 1997



## 0.3. VIABILIDAD: MARCO GENERAL





## MARCO GENERAL. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA: ÍNDICE

<b>1. EL MEDIO FÍSICO.....</b>	<b>3</b>
1.1. RASGOS GENERALES DEL RELIEVE .....	3
1.1.1. ÁMBITO GEOGRÁFICO TERRESTRE .....	3
1.1.2. AMBIENTES DE TRANSICIÓN .....	3
1.1.3. ÁMBITO GEOGRÁFICO INTERMAREAL.....	3
1.1.4. ÁMBITO MARINO .....	3
1.2. GEOLOGÍA Y COMPOSICIÓN LITOLÓGICA .....	4
1.2.1. GEOLOGÍA DE LA ZONA EMERGIDA.....	4
1.2.2. GEOLOGÍA DE LA ZONA SUMERGIDA .....	5
1.2.3. EDAFOLOGÍA .....	5
1.3. CLIMATOLOGÍA.....	6
1.4. HIDROLOGÍA.....	6
1.5. MEDIO NATURAL .....	6
1.5.1. MEDIO TERRESTRE: FAUNA.....	6
1.5.2. MEDIO TERRESTRE: FLORA.....	7
1.5.3. MEDIO MARINO: FAUNA.....	8
1.5.4. MEDIO MARINO: FLORA.....	9
<b>2. MEDIO SOCIOECONÓMICO .....</b>	<b>10</b>
2.1. EL LITORAL COMO ESPACIO SOPORTE DE INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURAS.....	10
2.1.1. INFRAESTRUCTURAS VIARIAS.....	10
2.1.2. INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS.....	10
2.1.3. INFRAESTRUCTURAS HIDRAÚLICAS.....	11
2.1.4. INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA SUBMARINA ESPAÑA-MARRUECOS.....	11
2.2. CALIDAD AMBIENTAL.....	11
2.2.1. VERTIDOS LÍQUIDOS .....	11
2.2.2. RESIDUOS SÓLIDOS.....	11
2.3. ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN EL ESPACIO LITORAL.....	11
2.3.1. ACTIVIDADES EXTRACTIVAS .....	11
2.3.2. ACTIVIDADES PRIMARIAS .....	12
2.3.3. ACTIVIDADES INDUSTRIALES O TRANSFORMADORAS.....	14
2.3.4. ACTIVIDADES COMERCIALES LIGADAS AL TRANSPORTE MARÍTIMO.....	14
2.3.5. ACTIVIDADES TURÍSTICAS.....	14
2.4. PATRIMONIO PÚBLICO.....	15
2.4.1. VÍAS PECUARIAS .....	15
2.4.2. MONTES PÚBLICOS .....	15
2.4.3. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA PROPIEDAD.....	15



## MARCO GENERAL. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

### 1. EL MEDIO FÍSICO

#### 1.1. RASGOS GENERALES DEL RELIEVE

El municipio de Tarifa se sitúa en el extremo meridional de la Provincia de Cádiz, ocupando la parte occidental de la comarca del Campo de Gibraltar.

Dentro de su término municipal se encuentra el punto más meridional de la Península Ibérica y por consiguiente del continente europeo, se trata de la Punta de Tarifa o Marroquí, accidente geográfico que se sitúa en la Isla de las Palomas, unida hoy a la propia ciudad por medio de una carretera-calle, que sirve de acceso al faro que en ella se ubica.

El cabo o Punta de Tarifa sirve además de divisoria a las aguas del Mar Mediterráneo y del Océano Atlántico, que se cruzan justo enfrente de la propia ciudad, que por lo tanto está situada en la parte más angosta del canal o Estrecho de Gibraltar, a una distancia máxima de 14 kilómetros de las costas marroquíes, lo que la convierte en la ciudad europea más cercana al continente africano.

La morfología general de este sector de costa, se resume en la presencia de las siguientes formas:

##### 1.1.1. ÁMBITO GEOGRÁFICO TERRESTRE

- Litopaisaje: Cumbres y paredes rocosas de la Sierra de la Plata y San Bartolomé.
- Sierra con vegetación autóctona: Ladera norte Sierra de la Plata.
- Sierra con vegetación alóctona: Resto de Sierra de la Plata y San Bartolomé.
- Ribera fluvial: Pequeños tramos de cauces y riberas fluviales.
- Piedemonte y espacio interserrano: Espacios intersticiales entre Sierra Plata, Higuera y San Bartolomé.
- Cerros abruptos con cobertera forestal: Entorno de la Sierra de la Higuera.
- Cerros abruptos sin cobertera forestal: Cerros del Estrecho.

- Pequeños núcleos de hábitat concentrado: Asentamientos humanos: Cortijo Sierra Plata, Bolonia, Rancho del Helechar, Chaparral, Betis, Betijuelo, Lentiscal, Realillo de Bolonia, Guadalmesí, Getares-B.
- Pastizal.

##### 1.1.2. AMBIENTES DE TRANSICIÓN

- Llanura costera: Tramo entre Valdevaqueros y Tarifa.
- Elevaciones sobre ámbitos dunares: Dunas de Tarifa (Paloma y Camarinal).

##### 1.1.3. ÁMBITO GEOGRÁFICO INTERMAREAL

###### *Borde costero arenoso*

- Playas – dunas: Playa del Cañuelo, Playa y duna de Bolonia, Playa y duna de Valdevaqueros, Playa de la Peña, Playa de Los Lances, y las pequeñas playas de guijarros del frente costero del estrecho entre el núcleo de Tarifa y Punta Carnero.
- Marismas – estuarios: Marismas del río Jara.
- Lagunas costeras: Lagunas del río Valle y río Jara.

###### *Borde costero rocoso*

- Acantilados: Punta Camarinal, Punta Paloma, Acantilados del frente costero de los Cerros del Estrecho y Punta Carnero.
- Plataformas de abrasión: Plataformas del frente costero de los Cerros del Estrecho y Punta Carnero.
- Islas, islotes, tómbolos: Isla de Tarifa, Isla de las Palomas, Isla Cabrita.

##### 1.1.4. ÁMBITO MARINO

###### *Fondos de arena*

- Fondos sin cobertura vegetal.
- Fondos de Cymodoceanodosa.

###### *Fondos de roca o duros*

- Fondos fotófilos someros de algas fotófilas.
- Fondos fotófilos someros de algas fotófilas y erizos.



- Fondos fotófilos con bosques de laminariales.
- Fondos esciáfilos de Maërl.
- Extraplomosesciáfilos y cuevas.

## 1.2. GEOLOGÍA Y COMPOSICIÓN LITOLÓGICA

El dominio geológico conocido como Arco de Gibraltar, está constituido por la unión de cadenas montañosas magrebíes y béticas. Ambas cadenas presentan dos dominios homólogos y bien diferenciados: las zonas internas y las zonas externas, a las que también hay que añadir un tercer dominio, composición geográfica intermedia y que constituyen las unidades alóctonas de materiales flyschs, secuencias sedimentarias en las que se alternan materiales duros como areniscas, y en ocasiones calizas, y materiales blandos como arcillas y margas, originadas en zonas profundas del océano por corrientes de turbidez.

Las diferentes unidades geológicas que constituyen las áreas litorales del Estrecho de Gibraltar son el resultado de una larga evolución natural, donde han intervenido multitud de factores y donde cada unidad geomorfológica y estructural representa la evidencia de una herencia pasada en la que dominaban otras condiciones distintas de las actuales.

Las características geológicas de la zona se deben a los acontecimientos pasados de la evolución del primigenio mar de Thetis en el entorno de la confluencia de los continentes europeo y africano, interludio que enlaza el Océano Atlántico con el Mar Mediterráneo.

Dentro de los elementos geomorfológicos existentes cabe destacar:

- Las formaciones kársticas submarinas existentes en la zona cercana al límite occidental del espacio.
- Las marmitas de gigante en la zona de Punta Camarinal.
- Los afloramientos de las unidades flysch en el litoral, que se continúan hacia el mar, especialmente las que se sitúan en el tramo oriental del espacio (Tarifa-Punta Carnero).
- Las dunas cuaternarias (Ensenada de Valdevaqueros).
- Las playas del litoral.

### 1.2.1. GEOLOGÍA DE LA ZONA EMERGIDA

Considerando los límites del ámbito emergido de la zona, el edificio tectónico de los flyschs alóctonos está ampliamente representado, especialmente desde el límite occidental (Cabo de Gracia) hasta la Ensenada de Valdevaqueros. Desde este punto, hasta el límite oriental de la zona (Punta Carnero), el sector emergido queda restringido a una orla costera de aproximadamente 100-200 m de anchura constituida principalmente por terrenos postorogénicos y los flyschs de la unidad de Algeciras. Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona emergida son las siguientes:

- Unidad de Algeciras
- Unidad de los Nogales
- Unidad de Bolonia
- Unidad de Aljibe
- Unidad de Facinas
- Unidad de Almarchal

En la zona, los depósitos postorogénicos se presentan en amplias extensiones a lo largo de todo el frente costero, especialmente en el sector occidental: Punta Camarinal, Ensenadas de Bolonia y Valdevaqueros y núcleo de Tarifa. En la zona oriental aparecen en la Ensenada del Tolmo, Punta del Fraile y al norte de Punta Carnero.

La zona se enmarca en el “Complejo del Campo de Gibraltar” abarcando parte de las unidades tectónicas conocidas como “Unidad del Aljibe” y “Unidad de Algeciras”, descritas concretamente para el sur de la provincia de Cádiz por sus particularidades orogénicas, además de ciertos depósitos postorogénicos que dan entidad a la costa arenosa que asciende desde Tarifa hasta Cabo de Gracia y a las ensenadas pedregosas entre Tarifa y Punta Carnero.

El “Complejo del Campo de Gibraltar” está constituido por una serie de materiales de “Facies Flyschs”. Estos materiales presentan una estratificación rítmica de formaciones arcillosas y areniscosas de edad comprendida entre el Cretácico y el Mioceno inferior, depositados en un ambiente tectónicamente activo y que fueron finalmente plegados, levantados y trasladados durante la Orogenia Alpina, a partir del Mioceno inferior, hasta su ubicación actual.

El estudio de la geomorfología del terreno pone de manifiesto la existencia de dos macizos que afloran al noroeste de la zona: la Sierra de la Plata, en la que se encuentra el punto más alto y la Loma de San Bartolomé.



La Sierra de la Plata es una sierra litoral, su disposición es Nordeste-Suroeste y presenta mayores altitudes en el sector septentrional, concretamente la Silla del Papa con 459 m., que en el meridional, con La Laja de 343 m., donde se bifurca antes de llegar al mar en dos ramales: Cabo de Gracia y de la Plata.

Por el Nordeste enlaza con la Laja de las Algas, 415 m. San Bartolomé constituye una pequeña elevación de disposición Norte-Sur que culmina a 444 m y que forma parte del denominado Arco de Bolonia.

El litoral es muy variado y da lugar a dos tipos de costa claramente separados por la Isla de Tarifa, siendo arenosa y de pendientes suaves en su parte occidental y formada por acantilados rocosos en la oriental.

### 1.2.2. GEOLOGÍA DE LA ZONA SUMERGIDA

Los fondos marinos de esta área presentan una topografía muy accidentada, irregular y sujeta a fuertes corrientes. Ésta última característica es fundamental en la conservación de su entorno submarino.

De forma general, se pueden distinguir dos tramos fisiográficamente bien diferenciados, tramo occidental, de Cabo de Gracia a Tarifa, y tramo oriental desde Tarifa a Punta de San García.

El primero es más aplacerado mientras que el segundo es más escarpado. En función de las características morfosedimentarias, de la distribución de los espesores de la cobertera y de la naturaleza sedimentológica se pueden distinguir tres sectores diferentes:

- De Cabo de Gracia a Punta Camarinal: se caracteriza por presentar una intensa dinámica, con un campo de dunas arenosas simétricas que se extienden entre los 15 y los 30 metros de profundidad y por poseer deslizamientos que generan importantes acumulaciones en los frentes de avalancha a partir de los 30 metros. La distribución granulométrica superficial presenta una fracción mayoritariamente de arena bien seleccionada.
- De la Ensenada de Bolonia a la Isla de Tarifa: se caracteriza por la presencia de antiguos cauces rellenos en Bolonia y Valdevaqueros. Entre los 10 y los 30 metros, la morfología es la propia de una plataforma rocosa. En las desembocaduras de los ríos aparecen mantos de arena de fondo ondulado con presencia de ripples. La distribución granulométrica superficial es de fracción arenosa con un tamaño medio de grano más elevado en los paleocanales y con mayor porcentaje de gravas.

- De la Isla de Tarifa a Punta de San García: se caracteriza por presentar una plataforma continental estrecha con escasa cobertera sedimentaria formada por los afloramientos rocosos de los flyschs entre los 10 y 30 metros. Los sedimentos se acumulan a partir de esta profundidad, siendo de naturaleza arenosa, aunque con grano más grueso que en las zonas anteriores y con mayor proporción de gravas.

### 1.2.3. EDAFOLOGÍA

Dos tipos de suelo caracterizan esencialmente la región de sierras y colinas: la tierra parda forestal sobre areniscas silíceas del Aljibe y el lehm margoso sobre sedimentos calizos del Eoceno. La tierra parda forestal es el suelo de las sierras y montañas, y el lehm margoso el suelo de las colinas. Existen además, en esta región, suelos de vega aluvial, suelos rojos mediterráneos y tierras pardas calizas.

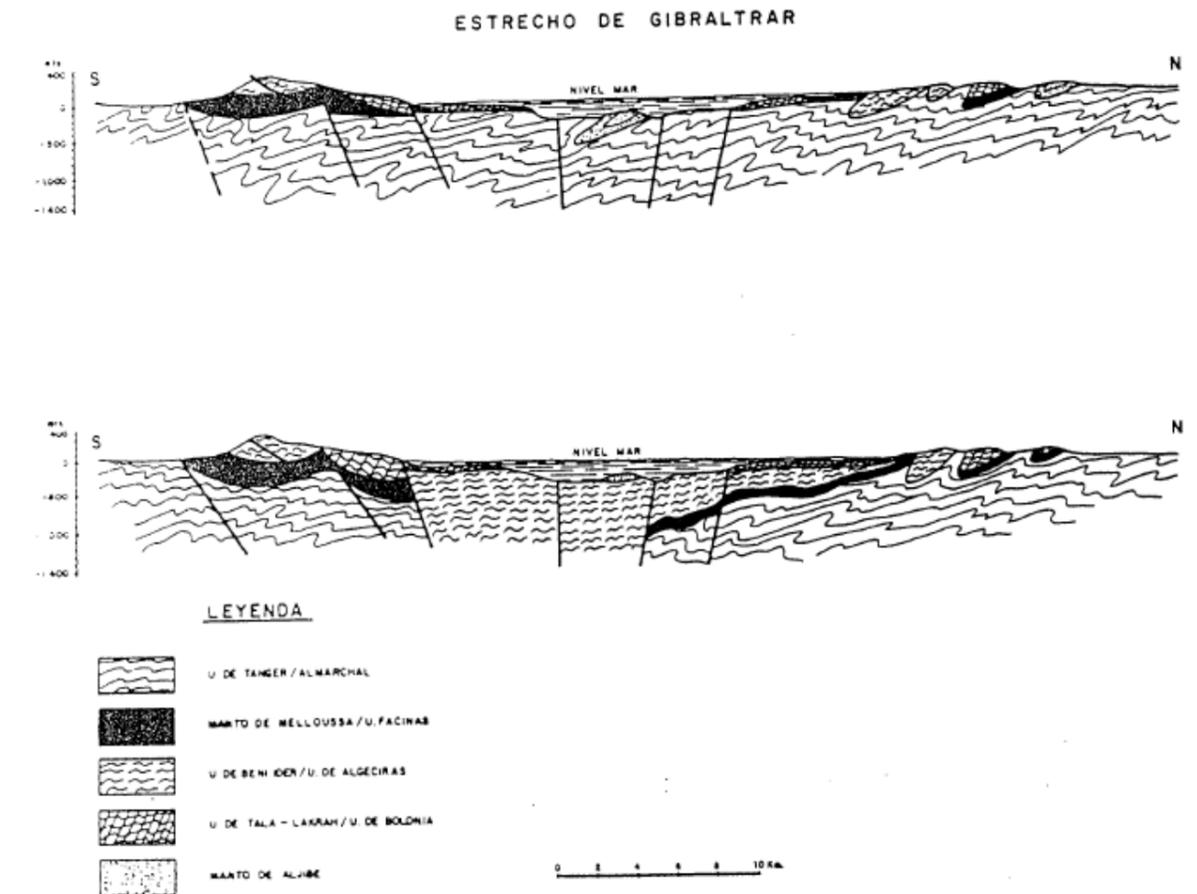


Fig. 1. Litología Estrecho de Gibraltar.



### 1.3. CLIMATOLOGÍA

Tarifa presenta un clima templado en invierno, cuyas temperaturas diurnas son muy suaves. Las heladas son prácticamente nulas, y la precipitación media anual, en forma de lluvia es de 603mm; los meses más lluviosos son desde noviembre hasta febrero, y el mes más seco del año es julio, en el que el promedio se sitúa en 2mm. El valor medio de días de lluvia es bajo, 69 (días con precipitación apreciable); el número medio de días de tormenta es de 15.

El número de días de nieve y granizo es prácticamente nulo.

La insolación es elevada, con un promedio de 2538 horas de sol anuales. El mes más soleado es julio y el menos diciembre, con 307 y 142 horas respectivamente.

Los vientos dominantes son del E, con velocidades generalmente fuertes. Soplan también con frecuencia los vientos del W con velocidades generalmente elevadas. En la clasificación climática según Köppen, Tarifa se incluye dentro del grupo Cs. Catalogado como Mesotermal (templado, húmedo, con verano seco).

### 1.4. HIDROLOGÍA

Arroyos y pequeños ríos atraviesan el área de estudio en dirección al mar. Los de mayor entidad se encuentran en el sector occidental y son el Arroyo del Valle, el Jara y el Vega, que desembocan en la playa de los Lances de Tarifa formando una amplia marisma. En el tramo oriental desemboca el río Guadalmesí.

### 1.5. MEDIO NATURAL

#### 1.5.1. MEDIO TERRESTRE: FAUNA

La fauna de esta zona es muy rica y diversa, destacando por el número de representantes, el grupo de las aves.

Los resultados publicados hasta el momento incluyen más de setecientas mil aves censadas pertenecientes a treinta y cuatro especies. Las más numerosas son cigüeña blanca (Ciconiaciconia), halcón abejero (Pernisapivorus) y milano negro (Milvusmigrans). También se observan el águila imperial (Aquila adalberti) y la cigüeña negra (Ciconianigra), consideradas en peligro de extinción y "Especies que deben ser objeto de medidas de protección en cuanto a su hábitat" según la normativa

europea. Además de éstas, se puede contemplar el buitre negro (Aegyptiusmonachus), el halcón borni (Falco biarmicus) y el elanio azul (Elanuscaeruleus). De igual forma el alimoche (Neophronpercnopterus), el aguilucho lagunero (Circusaeruginosus), el aguilucho cenizo (Circuspygargus) el águila perdicera (Hieraetusfasciatus), el halcón de Eleonor (Falco eleonora) y el halcón peregrino (Falco peregrinus) han sido vistas en el contexto del programa MIGRES. Todas ellas son consideradas vulnerables por la legislación española.

Un ave especialmente interesante es el vencejo culiblanco cafre (Apuscaffer), especie norteafricana que se va introduciendo en Europa de modo natural, siendo la Sierra de la Plata el primer lugar de Europa donde se detectó la reproducción de esta especie.

También nidifica en estas sierras el buitre leonado (Gypsfulvus). Las colonias de nidificación de esta especie son las más meridionales en Cádiz y en la Península Ibérica. Entre las dos sierras se contabilizan un total de 50 parejas nidificantes. En la Sierra de la Plata se localizan dos colonias, la mayor de las cuales es la de la Laja Lasarga con 33 parejas y la más occidental la de la Laja de Ranchiles, de menor entidad. En la sierra de San Bartolomé existe otra colonia más pequeña que las anteriores.

Por último, con respecto a las aves, se puede observar la presencia de varias especies de limícolas como el correlimos tridáctilo (Calidris alba) o elostrero (Haematopusostralegus), entre otros y carádridos como el chorlito patinegro (Charadriusalexandrinus) o el chorlito grande (Ch. hiaticula), pertenecientes a familias citadas en el **Apéndice II del Convenio de Bonn** como especies migratorias que deben ser objeto de acuerdos internacionales para su conservación, cuidado y aprovechamiento.

Por otro lado, en esta zona se ha citado la presencia de moluscos pulmonados considerados endémicos y vulnerables a la modificación de su hábitat, de reptiles como el lagarto ocelado (Lacertalepida), la culebra bastarda (Malpolonmonspessulanus) la culebra de herradura (Coluberhippocrepis), el galápagos leproso (Mauremyscaspica) y cuatro especies de lagartijas, además de mamíferos como la nutria (Lutralutra), todas ellas incluidas en el **Anexo II del Convenio de Berna**, consideradas "Especies estrictamente protegidas". El galápagos leproso y la nutria están recogidas también en el **Anexo IV de la Directiva Hábitat como "Especies animales y vegetales de interés comunitario que requieren una protección estricta" y en el Anexo II de la misma Directiva aparecen como "Especies de interés comunitario para cuya conservación es necesario designar zonas especiales de conservación"**. El mismo grado de protección reciben las cuatro especies de anfibios que se encuentran en las zonas húmedas de la Sierra de la Plata.



### 1.5.2. MEDIO TERRESTRE: FLORA

La característica fundamental de la flora es el aspecto actual que presenta, consecuencia de las peculiares condiciones climatológicas de la zona y de una fuerte presión antrópica desde tiempos remotos.

En las zonas de sierra, como Sierra de la Plata y de San Bartolomé, el tapiz vegetal que cubre sus laderas está formado por quercíneas y acebuches, sustituidos en gran parte de su superficie por matorral y por pinos y eucaliptos de repoblación. Se conservan ejemplares de laurel silvestre (*Laurusnobilis*) en las grietas expuestas a la umbría de Laja de la Zarga. En las partes más bajas de las sierras y en las cumbres, desaparecen las formaciones boscosas para dar lugar a pastizales y a matorral rastrero, respectivamente.

En los pastos crece un endemismo de la zona, el *Narcissusviridiflorus*, mientras que en las zonas más altas dominan los brezos (*Ericaaustralis*, *E. scoparia* y *E. umbellata*), el cantueso (*Lavandulastoechas*), la pervinca (*Vinca herbácea*), *Lithodoraprostrata*, *Halimiumlasianthum* y *Cistuspopulifolius*, destacando también la presencia del endemismo ibero-norteafricano *Genista triacanthos* y del endemismo ibérico *Chamaespartiumtridentatum*.

Las zonas más protegidas por su inaccesibilidad conservan una vegetación característica con la *Crasulácea Sedumhirsutum* en los lugares soleados y *Ombigo de Venus (Umbilicuruspestris)* en las zonas más umbrías. Además de éstas, aparece un endemismo ibero-africano de la familia de las *Droseráceas (Drosophyllumlusitanicum)*, planta carnívora de color amarillo y hojas muy largas y estrechas.

En la Ensenada de Bolonia, el piso arbóreo ha sido sustituido por un inmenso pastizal en el que destacan leguminosas como la zulla (*Hedysarumcoronarum*), *Tetragonolobuspurpureus*, *Lotus subbiflorus* o *Medicagopolymorpha* y *M. trunculata*, entre otras; compuestas como la tagarnina (*Scolymuxhispanicus* y *S. maculatus*), *Carlinacorymbosa*, *C. racemosa*, *Galactites tomentosa*, *Chamaemellumfuscatum*, *Ch. mixtum* o *Calendulaarvensis*; gramíneas como *Dactylisglomerata*, *Aegylopsgeniculata*, *Poa annua*, *Cynodondactylon*, *Briza maxima* o *Anthoxanthumovatum* y cariofiláceas (*Silene colorata* y *S. gallica*), crucíferas (*Diplotaxissiifolia*), geraniáceas (*Erodiumcicutarium*) y plantagináceas (*Plantagolagopus*, *P. lanceolata* y *P. coronopus*).

La duna de Bolonia presenta una vegetación muy adaptada a este ambiente, con algunos rodales de *Elymusfarctus* y barrón (*Ammophyla arenaria*), bajo cuya protección se instalan ejemplares de tártao marino (*Euphorbiaparalias*) y *Lotus creticus*.

En Punta Camarinal y Punta Paloma, el sustrato arbóreo está dominado por una repoblación de pino piñonero (*Pinuspinea*) con algunos ejemplares de sabina (*Juniperusphoenicea*) y enebro (*Juniperusoxycedrussubsp. macrocarpa*), más abundantes junto a los acantilados.

A medida que nos alejamos de la costa, en Punta Camarinal, aparecen especies como el lentisco (*Pistacialentiscus*), el bayón (*Osyrisquadripartita*) o el jaguarzo negro (*Cistus monspeliensis*), destacando entre todas la camarina (*Coremaalbum*). En Punta Paloma, sin embargo, los espacios dejados por los pinos, están cubiertos con un retamar monoespecífico, bajo cuyas plantas resultan abundantes *Centranthuscalcitrapae* y *Anagallisarvensis*.

La llanura de Los Lances está dominada por un pastizal terófito con *Carlina corymbosa* y *C. racemosa*, presentando una vegetación típica de ribera en el cauce de los ríos Jara y Vega, con especies como el carrizo (*Phragmitescommunis*) o *Juncusacutus*. La zona de playa está dominada por el barrón (*Ammophila arenaria*), acompañado en las partes más degradadas por la uña de león (*Carpobrotusacinaciformis*), especie introducida para sostener la arena; y en las mejor conservadas, por *Crithmummaritima*, *Eryngiummaritimum*, *Malcomialitorea* o *Euphorbiaparalis*.

La vegetación de la marisma está formada por *Ruppiacirrhosa* en el fondo de los cauces y *Spartinadensiflora* y *Juncusmaritimus* por encima de este nivel. En las zonas de marisma alta abundan halófitas como *Halimioneportulacoides* y *Sarcocorniaperennis*, mientras que en la transición entre la marisma y el sustrato arenoso se encuentran el junco pinchudo (*Juncusacutus*) y la esparraguera (*Asparagusaphyllus*), junto a una especie poco común de saladina (*Limoniumvirgatum*) poco frecuente en el litoral gaditano y *Limoniumalgarvense*, endémica de la costa suroccidental de la península.

En los acantilados de los Cerros del Estrecho se distinguen dos unidades vegetales: una formada por el hinojo marino (*Crithmummaritimum*), *Calendulasuffruticosa* y *Asteriscusmaritimus* sobre acantilados que cortan perpendicularmente los estratos y otra, sin apenas vegetación en paredes prácticamente verticales sobre cantiles de arenisca.

Según la clasificación recogida en la **Directiva 92/43/CEE** relativa a los hábitats naturales y fauna y flora silvestres, Anexo I: **"Tipos de hábitats naturales de interés comunitario para cuya conservación es necesario designar zonas especiales de conservación"**:



### SIERRA DE LA PLATA

- Asparagoaphylli-Calicotometumvillosae, Rivas Martínez 1975.
- Myrtocommunis-Quercetumsuberis, Barbero, Benabid, Quézel y Rivas Martínez 1981.
- Tamocommunis-Oleetumsylvestris, Benabid 1984.
- Genistotridentis-Stauracanthetumboivinii, Rivas Martínez 1979.

### PUNTA CAMARINAL

- Osyrioquadripartitae-Juniperetumturbinatae, (Rivas Martínez 1975) Rivas Martínez, Lousa, T.E. Díaz, Fernández-González y J.C. Costa 1990.
- Cytisograndiflori-Retametummonospermae, Rivas Martínez y Belmonte (inédito)

### PUNTA PALOMA

- Halimiohalimifolii-Stauracanthetumgenistoidis, Rivas Martínez, Costa, Castroviejo y Valdés-Bermejo 1980(incluye Cistosalfivifolii-Ulicetumaustralis Pérez Latorre, Nieto y Cabezudo 1993).
- Osyrioquadripartitae-Juniperetumturbinatae, (Rivas Martínez 1975) Rivas Martínez, Lousa, T.E. Díaz, Fernández-González y J.C. Costa 1990.
- Cytisograndiflori-Retametummonospermae, Rivas Martínez y Belmonte (inéd).
- Asparagoaphylli-Calicotometumvillosae, Rivas Martínez 1975.
- Loto cretici-Ammophiletumaustralis (Rivas Goday y Rivas Martínez 1958) Rivas Martínez 1964.
- Rhamnooleoidis-Juniperetummacrocarpa Rivas Martínez 1964.
- Inulocrithmoidis-Limonietumferulacei, Rivas Martínez, Costa, Castroviejo y Valdés-Bermejo 1980.
- Polygonoequisetiformis-Tamaricetumafricanae, Rivas Martínez y Costa in Rivas Martínez, Costa, Castroviejo y Valdés Bermejo 1980.
- Ruboulmifolii-Nerietumoleandri, O. Bolòs 1956.

### PUNTA TARIFA

- Limonietummarginati, Asensi 1984.

### PUNTA SECRETA

- Asparagoaphylli-Calicotometumvillosae, Rivas Martínez 1975.
- Tamocommunis-Oleetumsylvestris, Benabid 1984.
- Ruboulmifolii-Nerietumoleandri, O. Bolòs 1956.

### PUNTA DEL FRAILE

- Tamocommunis-Oleetumsylvestris, Benabid 1984.
- Asparagoaphylli-Calicotometumvillosae, Rivas Martínez 1975.
- Teucro baetici-Quercetumsuberis, Rivas Martínez ex Díez Garretas, Cueva y Asensi 1988.

### CERROS DEL ESTRECHO

- Asparagoaphylli-Calicotometumvillosae, Rivas Martínez 1975.
- Tamocommunis-Oleetumsylvestris, Benabid 1984.
- Teucro baetici-Quercetumsuberis, Rivas Martínez ex Díez Garretas, Cueva y Asensi 1988.

Al describir las especies más representativas, aparece un número considerable de ellas que están recogidas como endémicas o en peligro de extinción por lo que también son objeto de mención en la normativa europea. Entre estas se encuentran *Juniperusoxycedrussubsp. macrocarpa*, *Calendulasuffruticosasubsp.tomentosa*, *Crepiserythia*, *Biscutellalyrata*, *Drosophyllumlusitanicum*, *Coremaalbum*, *Quercuscanariensis*, *Sideritisarborescenssubsp. perezlarae*, *Laurusnobilis*, *Hipocrepissalzmanni*, *Armeriamacrophylla*, *Armeriapungens*, *Limoniummarginatum*, *Limoniumvirgatum*, *Bromusmacrantherus*, *Spartinadensiflora*.

En total son 16 especies, citadas también en el **Decreto 104/1994 del BOJA núm. 107** dentro del "**Catálogo Andaluz de Especies de la Flora Silvestre Amenazada**", no teniendo ninguna de ellas rendimiento económico en la actualidad.

#### 1.5.3. MEDIO MARINO: FAUNA

En el contexto de las comunidades marinas, el Estrecho de Gibraltar constituye una zona de elevado interés biológico y biogeográfico. Aquí convergen tres provincias marinas distintas: la



Lusitánica, la Mauritánica y la Mediterránea, lo que confiere una gran singularidad a toda esta zona, cuyas aguas albergan valores muy altos de diversidad biológica.

Entre las especies con mayor interés conservacionista debido a su endemidad y/o rareza a nivel mundial o local destacan:

- Los poríferos: *Axinellaestacioi*, *Ciocalapataalmae*, *Dyctionellaalonsoi*, *Haliclonapalmonensis*, *Myxillatarifensis*.
- Los cnidarios: *Merona iberica*, *Cervera atlantica*, *Sclerantheliamicrosclera*.
- Los moluscos: *Aclisverduini*, *Alvaniaaltenai*, *Alvaniavermaasi*, *Caecumcuspidatum*, *Cassidulaabylenensis*, *Granulinavanhareni*, *Dikoleps pruinosa*, *Gibberulajansseni*, *Hydrobiajoossei*, *Jujubinus dispar*, *Mitrellabruggeri*, *Mitrolumnawilheminae*, *Nassariusgitanus*, *Onobajosae*, *Onobatarifensis*, *Onobaguzmani*, *Parviturbofenestratus*, *Acteontornatilis*, *Berghiaverrucicornis*, *Caloriaelegans*, *Chromodorisbritoi*, *Cuthonathompsoni*, *Doto furva*, *Roboastreaeuropaea*, *Runcinabahiensis*, *Runcinamacrodenticulata*, *Tambjaceutae*, *Tambjatarifensis*, *Thordisaazmanii*, *Trapaniahispalensis*, *Trapaniaorteai*, *Notolimeaclandestina*, *Polyceraaurantiomarginata*, *Flabellinabaetica* y *Flabellinainsolita*.
- Los crustáceos: *Caprellazassantosrosai*, *Pedoculinagarciajomezi*, *Urothoesperiae*, *Ammothellagibraltarensis*, *Hannoniastocki*, *Tarificolabulbosus*, *Scyllarideslatus*, *Scyllarusarctus*, *Scyllarusposteli*, *Stenopus spinosus*, *Synalpheushululensis*.
- Los briozoos: *Calyptotheca obscura*, *Hemicycloporadentata*, *Sessibugulabarrosi*.

Estas especies viven en hábitats caracterizados por comunidades biológicas bien estructuradas y de alta diversidad, asentadas sobre substratos duros (fondos rocosos con elevada heterogeneidad espacial, ubicados generalmente entre 10 y 50m. de profundidad).

También tienen importancia en la conservación un total de 23 especies, consideradas de interés comunitario que requieren una protección estricta (**Anexo IV de la Directiva 92/43/CEE**): los moluscos *Patella ferruginea*, considerada la lapa de mayor tamaño de las costas europeas, que por presentar una capacidad de dispersión limitada y por el efecto del marisqueo en los intermareales rocosos ha desaparecido en la mayor parte del litoral; de hecho está catalogada en vías de extinción, *Lithophagalithophaga* o dátil de mar y *Pinna nobilis* o nacra, por el gran tamaño y vistosidad de su concha ha sido muy apreciada y recolectada; este hecho, junto con la regresión de uno de sus hábitats preferentes como son las praderas de fanerógamas, ha contribuido a la disminución

drástica de sus poblaciones; el equinodermo *Centrostephanus longispinus* o erizo de púas largas; así como todas las tortugas marinas (boba, laúd, carey y golfina); y cetáceos.

Dentro de los grupos de reptiles y mamíferos marinos, en la zona del Estrecho de Gibraltar se han observado tres especies que están incluidas en el **Anexo II de la Directiva 92/43/CEE**: la tortuga boba (*Caretta caretta*), el delfín mular (*Tursiops truncatus*) y la marsopa (*Phocoena phocoena*).

Por otro lado, el **Real Decreto 439/1990**, de 30 de marzo, por el que se regula el **Catálogo Nacional de Especies Amenazadas** y posteriores modificaciones tanto estatales como autonómicas, incluye en la categoría de “vulnerable” las siguientes especies de cetáceos: rorcual común (*Balaenoptera physalus*), rorcual aliblanco (*Balaenoptera acutorostrata*), cachalote (*Physeter macrocephalus*), delfín mular, delfín común (*Delphinus delphis*) y la marsopa.

En la categoría de “interés especial” incluye: orca (*Orcinus orca*), calderón común (*Globicephala melas*), calderón gris (*Grampus griseus*), delfín común (*Delphinus delphis*) y delfín listado (*Stenella coeruleoalba*). En lo que a reptiles marinos se refiere, el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas incluye a todas las tortugas marinas.

La **Directiva 92/43/CEE** incluye en su **Anexo V** (especies de interés comunitario cuya recogida en la naturaleza y cuya explotación puede ser objeto de medidas de gestión) una especie animal de la franja litoral Algeciras-Tarifa: el coral rojo (*Corallium rubrum*), establecido en zonas específicas de fondos rocosos superiores a 40 metros de profundidad pero que sufre una fuerte presión por su alto interés económico.

#### 1.5.4. MEDIO MARINO: FLORA

Los fondos marinos presentan una elevada diversidad debido a la gran variedad de substratos y la accidentada batimetría de los mismos. Estas dos características, unida a la presencia de un sistema de corrientes poco predecible, permite observar la disposición de numerosas formaciones vegetales.

En los fondos arenosos de la franja litoral comprendida entre la ciudad de Tarifa y la ensenada de Bolonia, dentro del intervalo batimétrico de 5 a 15 metros aparecen las praderas de la fanerógama marina *Cymodoce nodosa* (*Cymodoce nodosa*), recogidas como uno de los hábitats de interés comunitarios con presencia en España según la clasificación de Rivas Martínez (1993). Estas praderas se localizan dispersas sobre el substrato arenoso y los principales núcleos se sitúan frente a la playa de Los Lances y las Ensenadas de Valdevaqueros y de Bolonia.



En los fondos arenosos más profundos, a partir de los 30 metros de profundidad, aparecen densas formaciones de *Laminaria ochroleuca* que llega a formar importantes bosquetes. A partir de los 5 metros de profundidad, la *Laminaria Saccorhizapolyschides* sustituye a *Laminaria ochroleuca*, constituyendo también formaciones muy compactas.

Sobre los fondos con buena visibilidad y ausencia de material sólido en suspensión, muy abundantes por toda la franja costera en la zona intermareal rocosa y en la infralitoral, se sitúan formaciones de algas entre las que destaca la presencia de especies del género *Cystoseira*.

Los fondos de Maërl, localizados normalmente a partir de 20 metros de profundidad, están formados por las algas calcáreas *Lithothamnioncorallioides* y *Phymatolithoncalcareum*, que se caracterizan por la acumulación de algas rojas calcáreas que constituyen en claves de alta riqueza biológica.

En la zona intermareal se pueden distinguir entre tres y siete (alrededores de la Isla de Tarifa) cinturones algales, dependiendo del lugar de la costa en que se encuentren.

## 2. MEDIO SOCIOECONÓMICO

### 2.1. EL LITORAL COMO ESPACIO SOPORTE DE INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURAS

#### 2.1.1. INFRAESTRUCTURAS VIARIAS

La trascendencia de la carretera N-340 radica en que representa el eje básico del sistema de comunicaciones terrestres, convertida en autovía, pasando por Cádiz.

La red viaria se completa con un sistema de conexiones de orden secundario que responde a la lógica de:

- Un modelo de poblamiento disperso en el área occidental.

- La ausencia de asentamientos estructurados territorialmente en el área oriental debido, en buena medida, a las servidumbres vinculadas a la Defensa Nacional.

El área occidental se caracteriza por una serie de ramales que, facilitan el acceso al mar y a los asentamientos dispuestos entre la carretera N-340 y la línea de costa. La carretera de acceso a Bolonia, junto a la ramificación que bordea por el este la Loma de San Bartolomé, constituyen los ejes secundarios principales. Las pistas militares y forestales, así como una importante red de caminos y senderos menores, contribuyen al registro del territorio.

En general, con la única excepción del tramo entre la Ensenada de Valdevaqueros y Tarifa, puede afirmarse que nos encontramos en uno de los tramos de menor accesibilidad a la línea de costa de toda la provincia de Cádiz.

#### 2.1.2. INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

En la actualidad, las instalaciones portuarias ocupan parte de la antigua superficie terrestre e intermareal de los municipios de la Bahía de Algeciras y Tarifa; algo más de 250 hectáreas.

Las aguas portuarias están divididas, en *Zona de operaciones* y *Zona de fondeaderos*.

*La Zona I*, además de ser la más reducida (tiene una extensión de 165 Has.), comprende a las Dársenas Comerciales, Pesqueras, etc., y se trata de un lugar en el que se realizan dragados periódicos, operaciones portuarias, etc.

*La Zona II* se corresponde en gran medida con las aguas de la Bahía de Algeciras (más de 11.000 Has.), sobre las que España ejerce plena jurisdicción. De esta lámina de agua el órgano portuario ha excluido los 200 primeros metros mar adentro, medidos desde la Bajamar Máxima Viva Equinoccial (BMVE), frente a los tramos de costa de la Bahía de Algeciras balizados como zonas de baño.

En Tarifa, se sitúan como áreas de reserva portuaria, dos bandas de la zona de Dominio Público Marítimo Terrestre: la primera comprendida entre las instalaciones y el límite Sudeste de la isla, hacia el Oeste del puerto, y la segunda, de 700 metros, hacia el Este.

Por lo que se refiere a las aguas portuarias, la Zona de Servicio tarifeña sólo ha incorporado las pertenecientes a las interiores o aguas abrigadas por los dos diques.



### 2.1.3. INFRAESTRUCTURAS HIDRAÚLICAS

La comarca del Campo de Gibraltar, a efectos de captación de agua, se divide en tres áreas bien diferenciadas, correspondientes a las cuencas o subcuencas del Guadarranque, Guadiaro-Hozgarganta y Almodóvar. Las dos primeras están gestionadas por la Confederación Hidrográfica del Sur y la tercera por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

La población del núcleo urbano de Algeciras se abastece a partir del agua almacenada en los embalses de Guadarranque (87 Hm<sup>3</sup>) y Charco Redondo (78 Hm<sup>3</sup>), que además suministran agua al resto de poblaciones del Campo de Gibraltar.

El abastecimiento de Tarifa, especialmente durante la estación seca, se realiza a partir de los recursos proporcionados por el pequeño embalse sobre el Almodóvar (6 Hm<sup>3</sup>) y por una serie de captaciones ocasionales que suministran agua durante la estación húmeda, principalmente.

### 2.1.4. INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA SUBMARINA ESPAÑA-MARRUECOS

Hay que señalar la presencia de un circuito de conexión eléctrica entre España y Marruecos que discurre por el ámbito del Parque Natural y un segundo circuito atravesando el Parque Natural de la Playa de los Lances.

## 2.2. CALIDAD AMBIENTAL

### 2.2.1. VERTIDOS LÍQUIDOS

La caracterización de los vertidos líquidos se estructura a partir de los siguientes apartados:

- Existen 20 puntos de vertido al litoral: 18 en el término municipal de Tarifa y 2 en el de Algeciras.
- La titularidad se reparte de forma equilibrada entre vertidos municipales (5 puntos), vertidos vinculados a instalaciones de Defensa (7 puntos) y vertidos relacionados con la actividad turística -campings y hoteles- (6 puntos). Sólo 2 de estos puntos corresponden a asentamientos de población dispersa (Bolonia-Lentiscal y Casas de Porro).
- Excepto dos de ellos, el resto de los vertidos se realizan en conducción cerrada de superficie.

- Los vertidos pertenecientes a las instalaciones de Defensa Nacional tienen naturaleza “doméstica” (separativa), mientras que la mayoría de puntos la tienen de tipo “doméstica + pluviales” (unitaria).
- Sólo 4 puntos de vertido tienen en óptimo estado de funcionamiento su EDAR (tres vinculados a las actividades turísticas y una a la Defensa Nacional).
- Ninguno de los 20 puntos de vertido tiene regularizada su situación administrativa ya que ninguno tiene autorización para el mismo.

Además de lo expuesto, hay que destacar otros extremos:

- El principal núcleo de población de la zona, Tarifa, lleva a cabo un pretratamiento de las aguas residuales (desbaste, desarenado y desengrasado) con vertido a través de un emisario submarino, pudiéndose corregir alguno de los problemas con la mejora de la depuración.
- Otro punto de interés lo constituye la Zona Portuaria de Tarifa que ha presentado episodios puntuales de vertidos oleaginosos.

### 2.2.2. RESIDUOS SÓLIDOS

El tratamiento de los residuos sólidos urbanos de los municipios de Algeciras y Tarifa, consiste exclusivamente en el almacenamiento de los mismos en el vertedero controlado de Los Barrios. En estas instalaciones se trata un total de 110.000 Tm/año de residuos.

## 2.3. ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN EL ESPACIO LITORAL

Turismo, energía eólica, pesca y ganadería, constituyen los subsectores principales; la agricultura y el aprovechamiento forestal completan el esquema de una economía.

### 2.3.1. ACTIVIDADES EXTRACTIVAS

#### LA PESCA

Las embarcaciones que explotan con mayor frecuencia los recursos de este espacio, por regla general, son de bajo tonelaje y escasa potencia, encuadrándose la mayoría de ellas en la modalidad de artes menores dentro de la flota artesanal, junto a un reducido número de buques de mayor tamaño que faenan en la modalidad de cerco.



La flota cerquera se reduce a algunos barcos que faenan desde Punta Oliveros hasta la Ensenada del Tolmo y desde la Playa de los Lances hasta Bolonia. Aunque trabajan en zonas que hemos considerado de alto interés ecológico, este tipo de arte no produce efectos perjudiciales para las comunidades bentónicas.

El cambio más significativo en el sector pesquero de esta área se produjo a partir de 1982. Los pescadores tarifeños comenzaron a explotar la pesquería del voraz (*Pagellus bogaraveus*), cuando un reducido número – ocho a diez aproximadamente – de pequeñas embarcaciones provenientes de Ceuta iniciaron su actividad en caladeros próximos a la costa del municipio de Tarifa, observándose rápidamente una alta rentabilidad en la captura de este recurso pesquero.

Esto ha hecho que la flota pesquera se haya ido adaptando progresivamente a la captura del voraz, presentando actualmente una elevada especialización en la pesca de esta especie con un arte denominado voracera.

Las capturas de voraz representan el 80% del total desembarcado en la lonja de Tarifa, el 20 % restante está constituido por otras especies como jurel, caballa, palometa negra o japuta, gallineta y mero.

En la lonja de Algeciras, la mayor parte de las capturas provienen de otros puntos de desembarque y llegan hasta el puerto por transporte terrestre, por lo que no es representativo del volumen y el tipo de especies de esta área.

La Almadraba que se cala frente a la localidad de Tarifa encaja perfectamente en la idea de conservar las actividades tradicionales dentro de los espacios protegidos por lo que es necesaria su consolidación como sistema de pesca sostenible, tradicional, fijo y selectivo que se lleva practicando en la zona desde tiempos inmemoriales.

Entre las pesquerías más destacables en estas zonas cabe citar las de erizo negro (*Arbacia lixula*), erizo de mar (*Paracentrotus lividus*) y anémona de mar (*Anemonia sulcata*) cuyo patrón de consumo y recolección se ha visto intensificado, en lo que a demanda, distribución temporal de las capturas y distribución espacial del consumo se refiere.

La pesca deportiva, tanto de caña como submarina, está bien afianzada, tanto desde embarcaciones como desde la costa. La pesca submarina, aunque de carácter puramente deportivo, es practicada por un sector minoritario de manera profesional.

## LA CAZA

Se ubican varios cotos de caza: Bolonia, El Chaparral, La Cuesta, Cortijo del Moro, Punta Carnero y La Oropéndola, localizados en ambos términos municipales, siendo el de mayor extensión el Chaparral con 866 has. En todos ellos se practica la caza menor (conejo y aves de paso, entre otras especies), aunque esta actividad no llega a tener gran importancia en la zona.

## LA MINERÍA

Aunque en la actualidad no es una actividad importante, existen antecedentes históricos en esta zona, como la explotación de las canteras de piedra ostionera o caliza conchífera del Monte Camarinal, que sirvieron para la construcción de los sillares de Baelo Claudia. Pueden observarse todavía restos de dichas canteras en el área de Punta

Paloma. Por otro lado, la piedra calcarenítica (losa de Tarifa) ha sido tradicionalmente utilizada por su valor constructivo y decorativo.

### 2.3.2. ACTIVIDADES PRIMARIAS

## LA AGRICULTURA

La agricultura es una actividad poco desarrollada debido a la existencia de un medio físico y natural adverso.

Este hecho se confirma en la escasa superficie de tierra de cultivo y en el reducido número de Agricultores a Título Principal (ATP) que desarrollan su actividad en la zona. Las explotaciones agrícolas se localizan en áreas con pendiente suave (cereales en secano) y en pequeñas vegas fluviales cercanas a los asentamientos humanos (huertas con destino al autoconsumo).

### *Caracterización Agroambiental*

Se puede afirmar que la agricultura ha jugado un papel poco importante en la transformación del medio natural, ya que la presión antrópica derivada de ella, tanto en sus aspectos cuantitativos como cualitativos, ha tenido un escaso impacto en la provincia de Cádiz. En los últimos años se está observando un proceso de estancamiento e incluso de retroceso a favor de la actividad ganadera extensiva (aumentando considerablemente el número de hectáreas dedicadas a prados y pastizales).

### *Caracterización Agrosocial*

El régimen de tenencia se basa en la propiedad de la tierra para un 88% de la superficie, siendo el tamaño medio de las explotaciones muy alto.



### Caracterización Agroeconómica

Un aspecto interesante de la actividad agraria que afecta a los dos municipios es que la posesión de la tierra se ha basado tradicionalmente en un sistema de gran propiedad que convive con un precario minifundismo.

La situación de la agricultura en esta zona de la provincia de Cádiz tiene un carácter marginal desde el punto de vista económico y se basa en productos de reducido valor y escasa competitividad en los mercados nacionales o internacionales. A estas circunstancias hay que añadir que no se detectan procesos que indiquen la existencia de iniciativas vinculadas al desarrollo de proyectos agroindustriales.

### LA GANADERÍA

Tarifa es uno de los municipios más importantes de la provincia desde el punto de vista ganadero, siendo la ganadería bovina la que ostenta el predominio en la zona. La raza autóctona “retinta”, con destino al aprovechamiento cárnico, representa el mayor porcentaje en cuanto a número de cabezas.

Se ha observado una disminución muy importante en el número de animales pertenecientes al resto de las cabañas ganaderas, debido a diferentes causas: por epidemias que han arrasado con toda la cabaña (peste africana en el caso porcino), por la menor funcionalidad de los animales para las labores del campo tras el proceso de mecanización agrícola (equinos), por tener una capacidad competitiva menor (ovino) y por las restricciones impuestas en los Montes Públicos y las exigencias de la Comunidad Europea para los productos lácteos (caprino).

El impacto ambiental de la ganadería se observa en la transformación del suelo con otro uso a superficie de pasto por el método de las rozas, lo que ha constituido uno de los vectores más importantes de variación y degradación del paisaje, de la pérdida de biodiversidad y estabilidad de los terrenos (aumento del riesgo de erosión), de la reducción de la superficie de vegetación autóctona, etc.

Desde el punto de vista socioeconómico, las explotaciones ganaderas son poco rentables, ya que para obtener unas rentas beneficiosas se precisa un rebaño de 70-100 vacas aproximadamente. Ello obliga a disponer de un terreno con al menos 200-300 has de pasto. Por otra parte, las subvenciones europeas ayudan a compensar las escasas ganancias resultantes de la explotación ganadera.

La ganadería que se desarrolla sobre los Montes Públicos ha sufrido muchos altibajos. En general, se puede afirmar que la presión ganadera, aunque continúa siendo elevada hoy en día, se ha reducido de manera aparente en los últimos años, en beneficio de la regeneración y repoblación forestal.

La ganadería ha sido tradicionalmente uno de los principales pilares sobre el que se ha asentado la economía de la zona, al tiempo que se ha constituido como el vector básico de la transformación e incluso degradación del medio natural.

### EL APROVECHAMIENTO FORESTAL

A partir de la cartografía de vegetación realizada por IBARRA (1993) se pueden distinguir cuatro agrupaciones forestales:

- Las áreas naturales de bosque denso autóctono son excepcionales.
- Aparecen manchas salpicadas de bosque poco denso y bosque claro de alcornoque y acebuche al Este de la Sierra de la Plata.
- El estrato arbustivo y el herbáceo se manifiestan en grandes áreas en forma de matorral denso, matorral degradado y pastizal.
- El estrato arbóreo se hace presente con mayor intensidad en el sector occidental, destacando las especies exóticas vinculadas a proyectos de reforestación, sobre todo de pino (*Pinus pinea* y *Pinus pinaster*) y de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*). Los Montes Públicos se han visto afectados por la política de repoblación forestal del Patrimonio Forestal del Estado. Así, la mayoría de los arenales costeros y buena parte de los espacios serranos, muestran un paisaje caracterizado por una masa forestal conformada por amplios pinares y eucaliptales.

El aprovechamiento ligado al uso forestal del suelo se caracteriza del siguiente modo:

- Escasa producción de corcho (tradicional producto del Campo de Gibraltar).
- Escasa producción maderera debida, entre otras razones, a que los pinos y los eucaliptos tienen como objetivo la fijación del suelo y además no siempre presentan un porte adecuado.
- Los ingresos procedentes de la recolección de piñas representan entre un 2 % y un 4 % del total de beneficios por aprovechamiento forestal en los Montes Públicos de Tarifa, mientras que la recogida del palmito constituye menos del 1 % del total.

### LA ACUICULTURA

Las condiciones meteorológicas y oceanográficas en esta área impiden un desarrollo adecuado de este tipo de actividad. Las únicas instalaciones que hasta ahora han sido autorizadas en el interior de



este espacio se encuentran en la Ensenada de Getares, pertenecen a la empresa Sabor del Mar S.L. y se trata de jaulas flotantes situadas sobre la cota batimétrica de 30 metros, en las que se cultiva trucha asalmonada (*Onchorhynchus mykiss*). La extensión del polígono es de 1,6 hectáreas y se halla en aguas cuya titularidad pertenece a la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras.

### 2.3.3. ACTIVIDADES INDUSTRIALES O TRANSFORMADORAS

Alrededor de la Bahía de Algeciras se desarrolla uno de los núcleos industriales y de transporte, almacenamiento y comunicaciones, más importante de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Además, existen instalaciones industriales que se dedican a la elaboración de los subproductos pesqueros y a la transformación energética.

También las infraestructuras e instalaciones vinculadas a la energía eólica tienen consecuencias importantes en la zona, ya que la utilización del viento como recurso ha generado un modelo y unas expectativas de desarrollo que han sido motivo de conflicto y tensión social.

El Campo de Gibraltar y la vecina Comarca de La Janda están consideradas, junto con el litoral de Almería, las zonas más importantes de Andalucía en cuanto a potencial eólico se refiere. El desarrollo de este subsector energético está respaldado por las ayudas comunitarias y la política energética nacional, que otorga un régimen especial para instalaciones de alta eficiencia energética (en el que se incluye la energía eólica, **Ley 54/1997 del Sector Eléctrico**).

La distribución geográfica de los parques eólicos, afecta de manera especial al municipio de Tarifa. Durante el verano de 1999 se alcanzó un acuerdo entre las Consejerías de Medio Ambiente e Industria, que se concretó en un documento sobre "La protección ambiental y el desarrollo eólico sostenible en el término municipal de Tarifa.

El Parque eólico de Tarifa está gestionado por la Sociedad Eólica de Andalucía. Este parque comenzó a producir energía a partir de aerogeneradores en 1992 y tras múltiples ampliaciones llegó en 2008 al terawatio por hora convirtiéndose en la planta eólica con mayor energía facturada de España.

### 2.3.4. ACTIVIDADES COMERCIALES LIGADAS AL TRANSPORTE MARÍTIMO

La Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras se encarga de gestionar y administrar los puertos de interés general de Algeciras, La Línea y Tarifa.

La situación estratégica de las instalaciones portuarias, situadas entre las rutas del Océano Atlántico, el Mar Mediterráneo y Extremo Oriente, hace que el movimiento de mercancías mueva una ingente cantidad de toneladas.

### 2.3.5. ACTIVIDADES TURÍSTICAS

Los antecedentes de la actividad turística en el Campo de Gibraltar están vinculados a la existencia de la colonia gibraltareña, a la cercanía del continente africano, a los viajeros ingleses que han visitado la zona y más recientemente, en los años setenta, a la creación de polos turísticos que cristalizaron en la implantación de los denominados Centros de Interés Turístico Nacional (CITN).

Actualmente, el panorama turístico comarcal debe interpretarse dentro de un contexto más amplio: se da la existencia de un Polo Industrial que provoca la exclusión de este tipo de actividades, en la Bahía de Algeciras, y la presencia del tramo costero de la Costa del Sol, en el que se concentra buena parte de las inversiones e iniciativas turísticas.

Por esta razón, en la Comarca del Campo de Gibraltar, se definen varios tipos de áreas turísticas clasificadas según el grado de desarrollo de esta actividad económica:

- Área de exclusión o restricción turística, debido a la incompatibilidad con otros usos del espacio. Compuesta por la Bahía de Algeciras, cuyo territorio se destina a usos industriales y el Frente del Estrecho, donde existen instalaciones militares y ocurren, frecuentemente, situaciones de fuertes vientos. En este último espacio señalado, se está produciendo el desarrollo de ciertas actividades de ocio por parte de la población local como la pesca deportiva, la observación de aves o el submarinismo.
- Área forestal interior del Parque Natural de Los Alcornocales
- Tramo costero occidental entre las localidades de Zahara de los Atunes y Tarifa.
- Tramo oriental dentro del término municipal de San Roque.

La ocupación hotelera del Frente Litoral Algeciras-Tarifa adolece de una estacionalidad más acusada aún que la Provincial, con una temporada baja que abarca los meses de noviembre a febrero y apenas supera el 30% de ocupación (más de un 15% inferior). La temporada alta, de junio a septiembre, ofrece en cambio, datos similares a la media provincial, superando todos los meses el 80%, con un lleno técnico el mes de agosto. En cualquier caso, las condiciones meteorológicas son más desapacibles que en el resto del litoral, debido a la fuerza y frecuencia del viento.



En los últimos años ha aumentado el número de visitantes que utilizan medios como caravanas o la acampada. De esta forma afectan a la estructura productiva, que se consolida en la zona, y producen la alteración de los recursos naturales costeros generando residuos de manera no controlada.

Este hecho ha producido, como ha ocurrido en otras zonas donde las rentas agrarias no pueden competir con las que genera el sector servicios, una importante actividad constructora de segundas residencias sobre antiguos espacios rurales.

Han aumentado de manera apreciable las actividades deportivas relacionadas con el mar, como el windsurf o el flysurf y otro tipo de actividades de turismo en la naturaleza como el avistamiento de cetáceos o los paseos náuticos litorales. Estas actividades han mejorado la calidad de la oferta turística en esta área, incrementando el número de visitantes.

Las playas son el otro referente turístico de este área, con más de 15 kilómetros utilizados por los bañistas durante el periodo estival.

El principal atractivo de la zona reside en los recursos naturales y la notable calidad de los sistemas costeros que posee: playas, dunas, fondos marinos, acantilados y sierras litorales. En este sentido, existe en la zona un buen número de empresas de turismo activo, vinculadas en su mayoría a las actividades náuticas, que pueden constituir un motor de dinamización económica y un elemento de atracción en sí.

## **2.4. PATRIMONIO PÚBLICO**

### **2.4.1 .VÍAS PECUARIAS**

El inventario actual de las vías pecuarias recoge más de 45 kilómetros de senderos con esta denominación, perteneciendo la mayoría de ellos al municipio de Tarifa. Las seis Coladas existentes superan los 41 kilómetros, siendo las más importantes la De La Costa con 11 km y las Del Camarinal y De la Reginosa con 7,5 km cada una. La única Vereda de la que se tiene conocimiento, Del Puerto de Bolonia, tiene una longitud de 3,8 km.

### **2.4.2. MONTES PÚBLICOS**

La importancia de los Montes Públicos es fundamental en esta zona. En el municipio completo, los Montes Públicos constituyen el 29% del total de su extensión (12.087 has).

El régimen de propiedad es bastante dispar, estando presentes las tres principales escalas de la Administración Pública: Estado, Comunidad Autónoma de Andalucía y Municipio. La gestión de su administración recae actualmente sobre la Comunidad Autónoma. Otra de las características principales de los Montes Públicos es que se corresponden con áreas forestales (sierras y piedemontes) en las que predominan las iniciativas de repoblación forestal con pinos y eucaliptos.

### **2.4.3. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA PROPIEDAD**

La propiedad pública, ha sido el hecho diferenciador de este espacio litoral. El Estado, la Comunidad Autónoma y el Municipio están presentes en los terrenos vinculados a la Defensa Nacional (693 has), a los bienes de Dominio Público Marítimo y Terrestre como playas, dunas, marismas y demás espacios costeros y a los Montes Públicos (3.810 has).



## 0.4. VIABILIDAD: DATOS DE PARTIDA





## DATOS DE PARTIDA. ÍNDICE

<b>1. SITUACIÓN DEL PUERTO DE TARIFA ACTUAL</b> .....	<b>3</b>
1.1. USOS DE LAS INFRAESTRUCTURAS ACTUALES .....	3
1.2. CONDICIONES AMBIENTALES DEL PUERTO ACTUAL .....	3
<b>2. NECESIDAD DE AMPLIACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS</b> .....	<b>4</b>
<b>3. PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE TARIFA</b> .....	<b>5</b>
3.1. NUEVO DIQUE DE ABRIGO .....	6
3.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO .....	6
3.2.1. PERSPECTIVAS EN 2013 .....	7
<b>4. PLANTEAMIENTO DE LA CENTRAL DE OLEAJE</b> .....	<b>7</b>
4.1. VIDA ÚTIL DE LA OBRA .....	8
4.2. PERIODO DE RETORNO .....	8
4.3. CONDICIONES LOCALES DE LA OBRA .....	8
4.3.1. TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA .....	8
4.3.2. CONDICIONES AMBIENTALES .....	9
4.4. ESTRUCTURAS DE GRAVEDAD. VALORACIÓN DE ACCIONES .....	11
4.4.1. CARGAS PERMANENTES .....	11
4.4.2. CARGAS VARIABLES .....	11
4.4.3. CARGAS SÍSMICAS .....	14
4.5. CRITERIO DE COMBINACIÓN DE ACCIONES .....	14
4.6. DIMENSIONAMIENTO DEL DIQUE VERTICAL .....	14
4.6.1. CRITERIOS DE DISEÑO .....	14
4.6.2. COEFICIENTES DE SEGURIDAD EXIGIDOS .....	14
4.6.3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA SECCIÓN TIPO DE DIQUE VERTICAL .....	14
4.7. MODO DE CAPTACIÓN DE OLEAJE Y CONVERSIÓN ENERGÉTICA .....	17
<b>5. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DE LA PLANTA DE OLEAJE</b> .....	<b>18</b>
5.1. NORMATIVA ENERGÉTICA ESTATAL DE MAYOR TRASCENDENCIA: .....	18
5.2. ADJUDICACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN .....	20



## 1. SITUACIÓN DEL PUERTO DE TARIFA ACTUAL

El Puerto de Tarifa, situado en la parte más sur de Europa, resulta un importante enclave en el transporte marítimo, al ser la conexión más cercana entre África y Europa; cumpliendo además funciones de puerto pesquero, y comercial, perteneciendo a la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras.

Debido a un aumento del tránsito entre los continentes, espera de un aumento comercial por mar, y la demanda de cruce que tendrá el algún día Túnel de Unión del Estrecho de Gibraltar, en mayo de 2010 se aprobó la ampliación de las infraestructuras de este puerto.

### 1.1. USOS DE LAS INFRAESTRUCTURAS ACTUALES

En la actualidad, el puerto de Tarifa presenta los siguientes usos:

- Pesquero, en la mitad de la dársena.
- Náutico-deportivo, en dos antiguos atraques de la Estación Naval y medio pantalán, habilitados para 87 embarcaciones.
- Comercial, en la zona Este, con 3 atraques con rampa Ro-Ro, aunque sólo 2 pueden operar simultáneamente. El atraque 2 tiene una longitud de 71 m y el 3 de 91 m. Desde Diciembre 2009 / Enero 2010 operan dos navieras (Comarit-LME y FRS) en estas instalaciones con líneas regulares entre Tarifa y Tánger ciudad.

### ATRAQUES

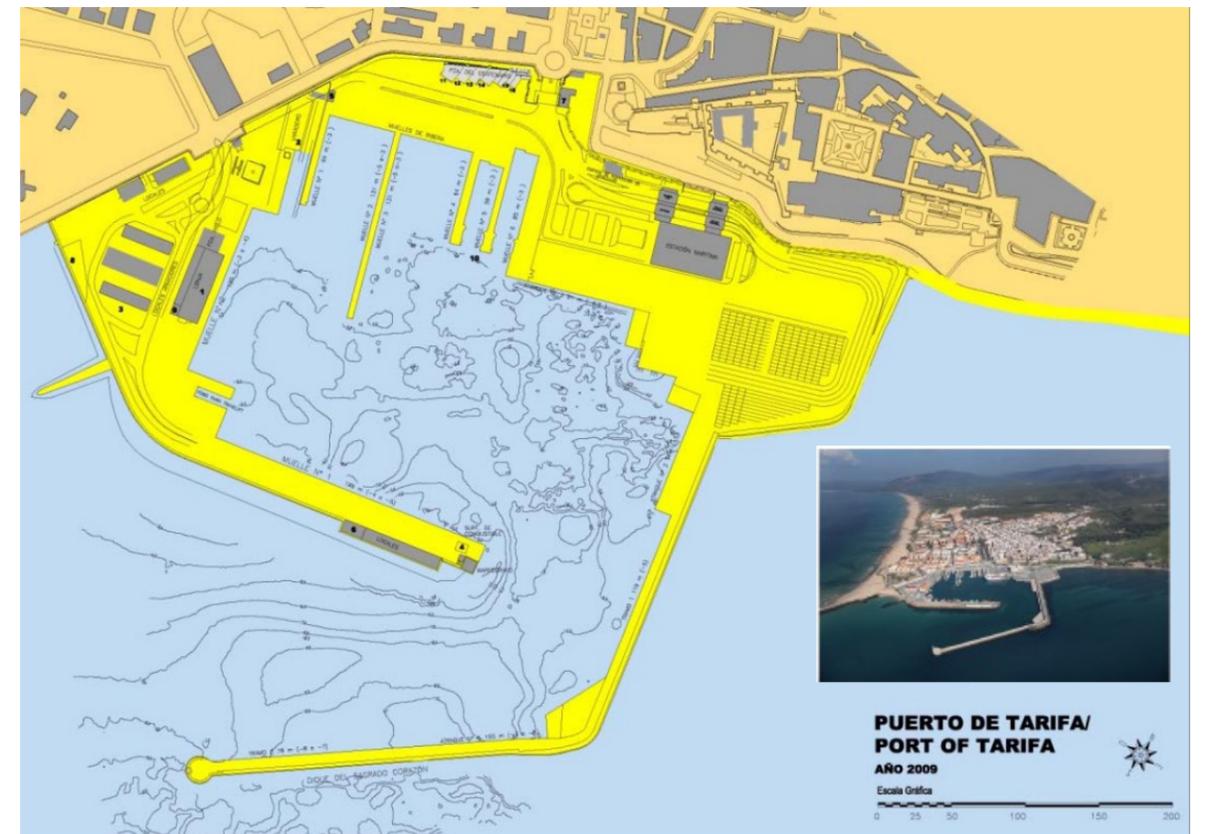
Existen tres atraques. El número 2 y el 3 son actualmente utilizados por embarcaciones de alta velocidad que cubren la línea Tarifa-Tánger.

### ESTACIÓN MARÍTIMA

La Estación Marítima, en servicio desde abril del año 2003, cuenta con una superficie total de 2.116 metros cuadrados, dividida en dos plantas.

## LONJA

La superficie total es de 1.093 metros cuadrados, distribuida en zonas de subasta, circulación y locales de exportadores, locales de armadores y varios.



### 1.2. CONDICIONES AMBIENTALES DEL PUERTO ACTUAL

#### OLEAJE

Los oleajes principales que inciden sobre la costa atlántica de Cádiz son los procedentes del sector W-WSW. Las **máximas alturas de ola están sobre los 6m**, aunque se presentan temporales de **hasta 8m procedentes del SW**.

#### VIENTOS

El régimen de vientos que actúa sobre la costa de Cádiz muestra un predominio de los vientos de componente **NW y Este (Poniente y Levante respectivamente)**. El viento de Poniente es el viento



predominante y puede soplar en cualquier tiempo del año. Por otro lado, el viento de Levante es más frecuente desde julio a octubre. Los temporales más intensos procedes del Levante, mientras que los de Poniente sufren una gran difracción en la punta de Tarifa.

En lo que respecta a la intensidad del viento, mayoritariamente oscila entre 7 y 10 m/s, alcanzando en ocasiones vientos de 18m/s. Los vientos más fuertes son los procedentes del Oeste.

### CORRIENTES DE MAREA

Las corrientes en el Estrecho son, generalmente, **de dirección Este**, ya que predomina la influencia que tiene el aporte de agua desde el Atlántico al Mediterráneo, por la alta evaporación de éste ante propias corrientes por diferencia de mareas. En medio del Estrecho, la corriente hacia el Este comienza al tiempo de la pleamar en Tarifa y hacia el Oeste fluye 6 horas más tarde. En la parte más estrecha del Estrecho, hacia el Este, entre los meridianos de Tarifa y Punta Europa, la intensidad de la corriente es máxima y disminuye en el área central W, y al Sur de Punta Camarinal (Bolonia) sobre 1.75 nudos y un nudo al S de Cabo Trafalgar.

Los máximos de la intensidad, logrando unas corrientes de marea se sitúan en la dirección de eje del estrecho, pero cerca de tierra sigue la dirección de la costa. Los vórtices o corrientes de marea pueden variar en intensidad y dirección; los vórtices se forman en la mayoría de las zonas abrigadas por las puntas costeras salientes y especialmente en las bahías que hay entre ellos.

La presencia de los vientos produce un cambio en el comportamiento de las corrientes, pudiendo dar lugar a corrientes constantes en una dirección, sin verse influida por la marea. En cuanto a las intensidades de las corrientes, en el caso de viento en calma, la intensidad varía entre 0.2 y 0.05 m/s con mareas muertas.

El viento provoca un aumento de las corrientes, siendo la zona de la Punta Marroquí donde se dan las corrientes más fuertes. La ampliación del Puerto de Tarifa no produce cambios significativos en las corrientes, sólo se observan diferencias en la zona próxima al puerto, sin afectar a zonas colindantes. Tras la construcción el puerto, se produce una disminución media de 0.07m/s de las velocidades máximas en la situación de viento en calma, sobre todo en la zona Este de la ampliación del puerto.

Con vientos procedentes del Este, se produce una disminución de la corriente en la zona del puerto, y entre la isla y el puerto aproximadamente de 0.07m/s. Sin embargo, en la punta Este del dique de abrigo se produce un aumento de las corrientes de 0.06m/s, debido a la forma del puerto y a la procedencia del viento.

En el caso de vientos procedentes del Oeste se produce una disminución de las corrientes en la zona Este del puerto, al igual que en el caso de viento en calma pero de mayor extensión.

### RESUMEN

PUERTO DE TARIFA	
<b>SITUACIÓN</b>	
Longitud (Greenwich)	5° 36' W
Latitud	36° 07' N
<b>VIENTOS</b>	
Reinante	N.W y E
Dominante	N.W y E
Máxima Altura de Ola (m)	5.72
Máxima Carrera de Marea (m)	1.6
<b>SUPERFICIES ACTUALES</b>	
Total (m <sup>2</sup> )	74101
Depósitos (m <sup>2</sup> )	8550
Viales (m <sup>2</sup> )	25884
Línea de Atraque (m)	1362
Zona I de Flotación (Ha)	10.40

### 2. NECESIDAD DE AMPLIACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS

La declaración del puerto de Tarifa como Frontera Exterior de la Unión Europea (frontera Schengen) en marzo de 2003, convirtió a Tarifa en uno de los pasos fronterizos de la Península en los que se permite la entrada de mercancías, personas o servicios procedentes de países no firmantes del acuerdo Schengen, cumpliendo siempre con las medidas de seguridad y control necesarias.

Ya en el mismo año, se registró en su única línea con Tánger un tráfico de 169.935 pasajeros y 25.540 vehículos, cifras que desde entonces han experimentado un aumento exponencial, de forma que aún suprimiéndose su calificación como frontera exterior Schengen para vehículos en determinados periodos de operaciones especiales, el puerto de Tarifa ha alcanzado un tráfico en 2009 de 1.243.752 pasajeros y 287.096 vehículos, lo que supone un incremento en el periodo 2003-2009 por encima del 600% en pasajeros y del 1000% en vehículos, y ello aún sufriendo el cierre de la frontera durante los periodos punta de la OPE por la falta de instalaciones adecuadas.



Teniendo en cuenta previsiones, entre otras las que ya plantean los Datos del Observatorio para el Túnel bajo el Estrecho, aportados por la Sociedad Española de Estudios para la Comunicación Fija a Través del Estrecho de Gibraltar (SECEG) y su homónima marroquí SNED, a la consultora INECO para la redacción del “Estudio de un modelo de predicción de tráfico a través del Estrecho de Gibraltar TRATAR-2004”, se desprende que las previsiones de tráfico entre una y otra orilla del Estrecho, sólo para el caso concreto de Tarifa prevén:

- En el escenario optimista, un aumento del número de pasajeros de 1.066.022 en el año 2007 a 4.142.642 en el año 2020, y en el escenario realista un aumento de 3.243.252 para el año 2020.
- En el escenario optimista, un aumento del número de vehículos de 219.444 en el año 2007 a 1.031.283 en el año 2020, y en el escenario realista un aumento de 825.504 para el año 2020.

Con ello se pone de manifiesto que las instalaciones del Puerto de Tarifa se encuentran saturadas para atender con unos requisitos de calidad y seguridad suficientes, el volumen de tráfico de pasajeros y vehículos que soporta ya en la actualidad y, más aún, para garantizar la demanda prevista en un horizonte temporal de 25 años.

Es de este planteamiento, de donde surge el proyecto de ampliación del Puerto de Tarifa.

### 3. PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE TARIFA

El proyecto de ampliación se presenta con los siguientes objetivos:

- Satisfacer la demanda de infraestructuras portuarias como consecuencia de la evolución del volumen de tráfico registrado en el puerto de Tarifa, su tendencia de crecimiento actual y las previsiones futuras relacionadas con la actividad del nuevo puerto de pasaje en Tanger- Med, junto con la puesta en funcionamiento de su zona franca y zona de actividades logísticas.
- Con esta actuación, el puerto de Tarifa contaría con 4 atraques para ferries rápidos y suficientes explanadas para poder gestionar el embarque sin afectar a la ciudad y operar con dos destinos diferentes simultáneamente (Tarifa – Tánger Med, para tráficos eminentemente de paso del Estrecho y Tarifa – Tanger Ciudad, para tráfico turista durante todo el año).
- Consolidación del puerto de Tarifa como uno de los motores socioeconómicos de la región. En este sentido, se habilita una terminal para cruceros de mediano porte (del orden de 150 m de

eslora) en las nuevas instalaciones, reconvirtiendo la actual zona portuaria comercial en marina náutico-deportivo-pesquera. Esto tiene importantes repercusiones económicas en la región.

- Separación de usos portuarios. En la actualidad se produce una mezcla de actividades pesqueras, náutico-deportivas y comerciales en la dársena existente, hasta el punto que de los dos atraques para ferries existentes sólo puede operarse en uno a un tiempo. Las nuevas instalaciones permitirán la separación de estos usos con las consiguientes mejores derivadas en seguridad, operatividad e imagen.

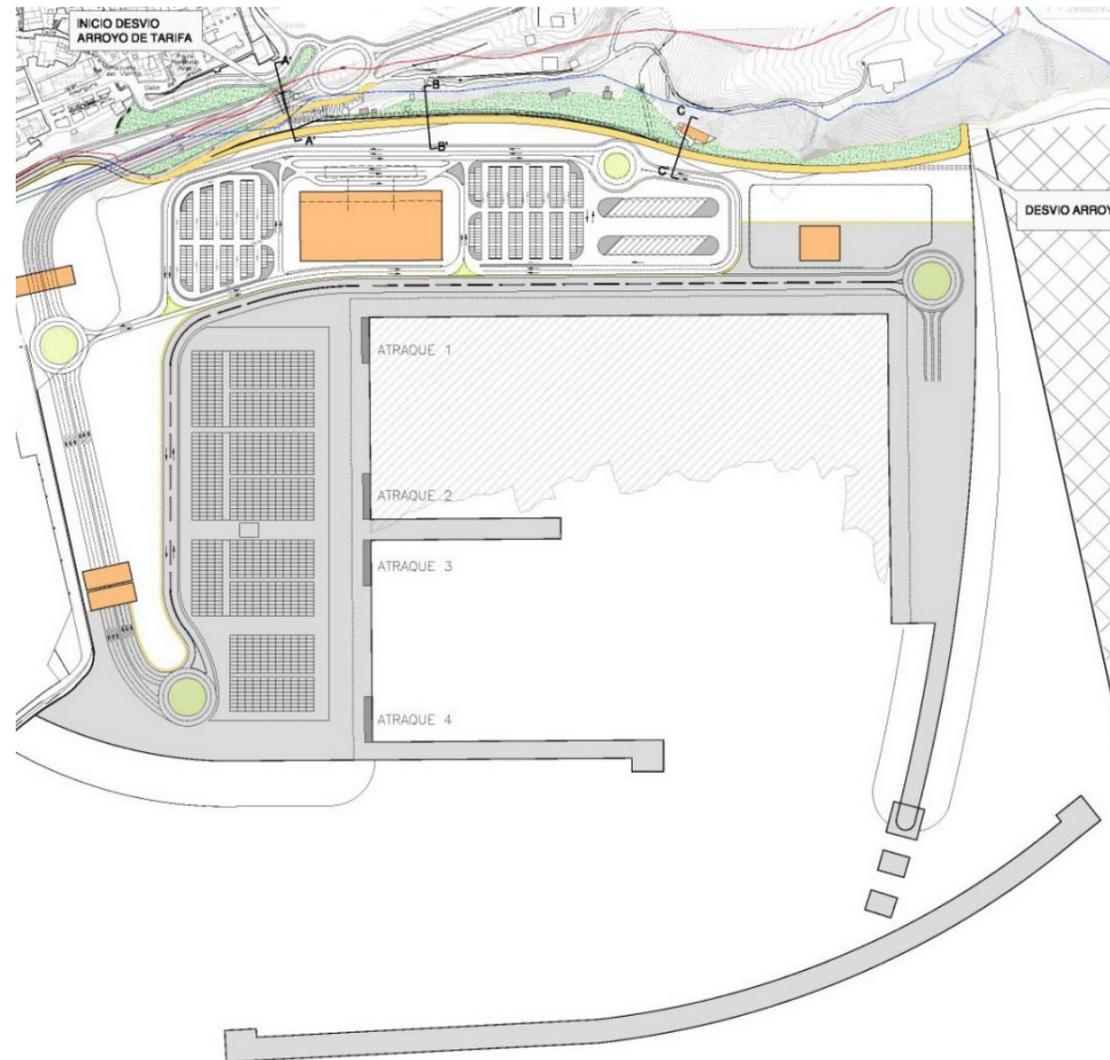
Para ello, cumpliendo con los requisitos técnicos de diseño:

- No interferir con los límites del Parque Natural del Estrecho.
- Máxima seguridad y operatividad para garantizar la competitividad de la instalación.
- Buques tipo considerados:
  - Buque de pasaje: Fast Ferry Catamarán de 91 m de eslora, 26 m de manga, 3.7 m de calado.
  - Buque de crucero de porte medio o megayate: 150 m de eslora, 21 m de manga, 6 m de calado.
- Número mínimo de atraques para ferries: 4 con las siguientes características:
  - Longitud mínima: 150 m
  - Calado mínimo: 9 m
- Número mínimo de atraque para cruceros: 1 con las siguientes características:
  - Longitud mínima: 200 m
  - Calado mínimo: 9 m
- Superficie mínima terrestre para aparcamientos, estación marítima y servicios: 20 Ha
- Zona de evolución interior de 250 m de anchura para permitir maniobras náuticas interiores.
- Anchura de bocana mínima: 150 m.
- Máximo número de atraques paralelos a la dirección de los vientos dominantes, es decir E-W.

Unido a estos criterios técnicos de proyecto, también forman parte del mismo, requisitos ambientales y de optimización económica.



## ORDENACIÓN DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN



### 3.1. NUEVO DIQUE DE ABRIGO

Está resuelto mediante dos alineaciones independientes casi-perpendiculares entre sí, de planta curva con el objetivo de acomodarse al máximo a las líneas de corriente y perturbar de forma mínima el sistema circulatorio en las inmediaciones de la Isla de Tarifa.

#### ALINEACIÓN 1

Arranca perpendicular desde la línea de costa, en dirección aproximada N-S con planta en curva. Tiene una longitud de unos 560m, cimentada a una profundidad variable desde la línea de costa hasta los 17-

18m de profundidad. La tipología es de dique en talud, para disipar la energía del oleaje y acomodarse a los cambios de profundidad, y en su tramo central lleva adosado un muelle de 245m de longitud de atraque, quedando el tramo de mayor profundidad con taludes interiores y exteriores como elementos disipativos.

#### ALINEACIÓN 2

Está compuesta por un tramo en curva de una longitud de 735m, con aproximada perpendicularidad a la primera alineación, y con un diseño que se ajusta a las líneas de corriente de mareas y viento de la zona, tal que minimiza la perturbación del dique en el sistema circulatorio. Las profundidades en la traza de esta alineación van desde los 18 a los 26m.

Las tipologías constructivas clásicas para las obras de abrigo son las conocidas como dique vertical de cajones de hormigón prefabricados, o dique en talud a base de materiales de cantera que van protegidos exteriormente con manto de escollera o bloques de hormigón. Así, se ha definido la obra de abrigo con un dique vertical, de sección única con cajones fondeados a  $z = -20\text{m}$ , sobre una banqueta con un núcleo de todo-uno, protegido por un manto de escollera de 3 a 4Ton., rematadas por un bloque de guarda en la cabeza del talud de la banqueta.

<b>SUPERFICIE DÁRSENA (410x337m)</b>	14Ha
<b>SUPERFICIE ANTEPUERTO</b>	10Ha
<b>SUPERFICIE TERRESTRE</b>	21Ha
<b>ATRAQUES PARA FFC</b>	4
<b>ATRAQUES PARA CRUCEROS, MEGAYATES</b>	1-2
<b>ANCHURA DE BOCANA</b>	182m
<b>LONGITUD DE ABRIGO</b>	1293m
<b>CALADO MÍNIMO</b>	9m
<b>ÁREA DE MANIOBRAS INTERIOR</b>	330x250m

### 3.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO

En Marzo de 2011, el Ministerio de Medio Ambiente emitió una resolución desfavorable al proyecto de ampliación del Puerto de Tarifa. La negativa fue a la Declaración de Impacto Ambiental, lo que imposibilitó que éste continuase hacia delante.



El primer proyecto, sometido a información pública en 2007, fue modificado introduciendo una serie de cambios que garantizaran su viabilidad. En ese momento se retranqueó el dique inicialmente previsto (con una reducción del 23% de la superficie de relleno); se le dio forma curva al dique y se buscó que éste fuera permeable a las corrientes marinas para evitar afectar al ecosistema presente.

Esto lleva a que la Autoridad Portuaria “acate” aunque “no comparta” la resolución de Medio Ambiente.

**BOE 9 de Marzo de 2011:**

*Conclusión.—En consecuencia, la Secretaría de Estado de Cambio Climático, a la vista de la Propuesta de Resolución de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, formula una declaración de impacto ambiental desfavorable para el proyecto Ampliación del puerto de Tarifa (Cádiz), concluyendo que:*

*El promotor no ha aportado información sobre determinadas acciones del proyecto que pudieran tener impactos ambientales significativos, como las relacionadas con la obtención de los materiales de préstamo u otros aspectos como la realización de voladuras y las características de las mismas.*

*No se han evaluado algunos impactos potencialmente significativos como las afecciones a la población por ruido o contaminación atmosférica.*

*El proyecto supondrá la ocupación de la plataforma de abrasión de La Caleta, zona de elevada diversidad biológica con la presencia de varias especies protegidas. Además supondrá la afección directa sobre la especie en peligro de extinción «Patella ferruginea».*

*La ejecución del proyecto supone un riesgo importante sobre algunos valores del Parque Natural del Estrecho, que forma parte de la Red Natura 2000, debido a: la posibilidad de afección por posibles eventos de contaminación marina a las comunidades biológicas presentes en la isla de Tarifa, las afecciones a cetáceos por la posibilidad de un incremento de colisiones y de contaminación acústica debido al aumento del tráfico y las nuevas rutas marítimas, el incremento del riesgo de afecciones a las aves marinas por posibles accidentes y vertido de contaminantes, o la imposibilidad de descartar impactos sobre otras especies protegidas como las tortugas marinas, debido a la ausencia de información.*

**Punto de vista de la plataforma ecologista**

Por otra parte, el proyecto también había acaparado el rechazo de colectivos ecologistas, quienes criticaron que la ampliación podría afectar al ecosistema marítimo único de la Isla de Las Palomas con 1.900 especies protegidas, “muchas de ellas únicas en el mundo”.

Además, entendían que el incremento del tráfico marítimo afectaría a los cetáceos que se encuentran en esa misma zona. Cabe destacar que un porcentaje de la población tarifeña también optó por desechar el proyecto y constituyó la plataforma Tarifa Sí, que también mantuvo una oposición bastante activa.

En el plano político, el parlamentario Willy Meyer (IU) realizó una pregunta al Parlamento Europeo en la que subrayaba que “existen motivos para pensar que este proyecto está injustificado, ya que ha sido previsto para atender la demanda esporádica de la OPE y puesto que el puerto actual está suficientemente capacitado para absorber las previsiones de aumento de tráfico”.

En su respuesta, la Unión Europea constató que “a la luz de la necesaria evaluación, las autoridades nacionales competentes solo se declararán de acuerdo con dicho plan o proyecto tras haberse asegurado de que no causará perjuicio a la integridad del lugar”.

**3.2.1. PERSPECTIVAS EN 2013**

Según una afirmación de Manuel Morón, presidente de la Autoridad Portuaria Bahía de Algeciras, podrían llevarse a cabo las necesarias modificaciones en el proyecto, para su aceptación ambiental.

Actualmente, debido a la situación crítica económica, ha pasado a ser un asunto que no está en las prioridades presupuestarias de la APBA, aunque hay un equipo de técnicos analizando las posibilidades del proyecto.

**4. PLANTEAMIENTO DE LA CENTRAL DE OLEAJE**

Confundiendo en que en los futuros años se tendrán los medios económicos necesarios para un mejor estudio ambiental del proyecto, se realiza esta aportación.

Es una propuesta de un segundo uso del futuro dique, contribuyendo a un más óptimo aprovechamiento de las estructuras planteadas, así como disminuyendo la emisión de CO2, que implica el uso del recurso de la energía renovable de las olas.



#### 4.1. VIDA ÚTIL DE LA OBRA

Se entiende como vida útil de una obra marítima el periodo de tiempo en que se pretende que esté en servicio, realizando su función inicial hasta su inutilización, desmontaje o cambio de uso.

La ROM 0.2-90 en su tabla 2.2.1.1. establece un valor mínimo para la **vida útil de 25 años** (infraestructura de carácter industrial específico y nivel de seguridad 2, es decir, con riesgo moderado de pérdida de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura).

TABLA 2.2.1.1. VIDAS ÚTILES MÍNIMAS PARA OBRAS O INSTALACIONES DE CARÁCTER DEFINITIVO (en años)			
TIPO DE OBRA O INSTALACION	NIVEL DE SEGURIDAD REQUERIDO		
	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL	25	50	100
DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO	15	25	50

**LEYENDA:**

**INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL:**  
 Obras de carácter general; no ligadas a la explotación de una instalación industrial o de un yacimiento concreto.

**DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO:**  
 Obras al servicio de una instalación industrial concreta o ligadas a la explotación de recursos o yacimientos de naturaleza transitoria (por ejemplo, puerto de servicio de una industria, cargadero de mineral afecto a un yacimiento concreto, plataforma de extracción de petróleo,...).

**NIVEL 1:**  
 Obras e instalaciones de interés local o auxiliares.  
 Pequeño riesgo de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura. (Obras de defensa y regeneración de costas, obras en puertos menores o deportivos, emisarios locales, pavimentos, instalaciones para manejo y manipulación de mercancías, edificaciones,...).

**NIVEL 2:**  
 Obras e instalaciones de interés general.  
 Riesgo moderado de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura. (Obras en grandes puertos, emisarios de grandes ciudades, ...).

**NIVEL 3:**  
 Obras e instalaciones de protección contra inundaciones o de carácter supranacional.  
 Riesgo elevado de pérdidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura. (Defensa de núcleos urbanos o bienes industriales, ...).

#### 4.2. PERIODO DE RETORNO

El valor del riesgo admisible para la estructura se tomará de la tabla 3.2.3.1.2. de la ROM 0.2-90. Suponiendo una posibilidad reducida de pérdida de vidas humanas con repercusión económica media en caso de inutilización de la obra, para el caso de fallo instantáneo o destrucción total (dique vertical) se obtiene un **riesgo de 0,15**.

El periodo de retorno se obtiene a partir de los valores de vida útil y riesgo, mediante la expresión:

$$E = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^L \Rightarrow T = \frac{1}{1 - (1 - E)^{\frac{1}{L}}}$$

siendo,

E: Riesgo

L: Vida útil de la obra (25 años)

T: Periodo de retorno

Entrando con los valores anteriormente reflejados para el riesgo y la vida útil en la citada expresión, resulta un valor del periodo de retorno para el cálculo del dique de T=154.329.

**T = 154 años**

Siguiendo la metodología ROM 0.5-05, se consideran **las alturas de ola de cálculo para periodos de retorno de 50 años para definir las combinaciones fundamentales de acciones y de 500 años para las combinaciones extraordinarias.**

#### 4.3. CONDICIONES LOCALES DE LA OBRA

##### 4.3.1. TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA

La cartografía base del proyecto se ha obtenido de la Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía (<http://www.juntadeandalucia.es/viviendayordenaciondelterritorio/linea/>) a escala 1:10000 y 1:5000, y batimetría del Instituto Geográfico Nacional (<http://www.ign.es/ane/ane1986-2008/>) a escala 1:100000. La batimetría ha sido referida al “cero hidrográfico” del Puerto Patrón de Algeciras.

Los trabajos topográficos y batimétricos realizados específicamente para la correcta definición de la situación actual del Puerto de Tarifa se toman de la última batimetría obtenida del Informe de los



Estudios de Propagación y Agitación Interior para las nuevas Infraestructuras del Puerto de Tarifa, por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

#### 4.3.2. CONDICIONES AMBIENTALES

##### OLEAJE

Las condiciones de oleaje de diseño a que se verá sometida la obra han quedado reflejadas en el informe del CEDEX, Anejo de Clima Marítimo. Se adaptan los estudios realizados para el dimensionamiento del nuevo dique de abrigo del proyecto de ampliación del puerto de Tarifa.

Se estiman así las alturas de ola significativa a pie de dique asociadas a un periodo de retorno de 150 años, que sirven de base para el predimensionamiento de las distintas secciones tipo de las obras de abrigo. En base a esto, se ha dividido el dique de abrigo en tres tramos:

- Tramo I: Primeros 250 m de la primera alineación del dique. Tramo de arranque. Hmo=6.4 m
- Tramo II: Segunda parte de la primera alineación del dique. Hmo=8.3 m
- Tramo III: Segunda alineación del dique de abrigo, paralelo a la costa. Hmo=8.3 m

Para un periodo de retorno de 50 años, nos encontramos con alturas de ola:

- Tramo I: Hmo= 6.3m
- Tramo II: Hmo= 7.2m
- Tramo III: Hmo= 7.8m

Para  $T_R = 500$  años, debido a la longitud temporal de los registros de la boya de Alborán (8 años), y de Cádiz (10 años), las extrapolaciones obtenidas para periodos de retorno mayores de 160 años, con base a la boya de Alborán, ó 200 años, si se emplea el punto de Cádiz, no son representativas porque, de acuerdo a la ROM 0.4-95; las extrapolaciones pierden fiabilidad para periodos de tiempo (retorno) superiores a 20 veces el periodo de información.

Por ello, se tendrán en cuenta solamente las extrapolaciones para 200 años:

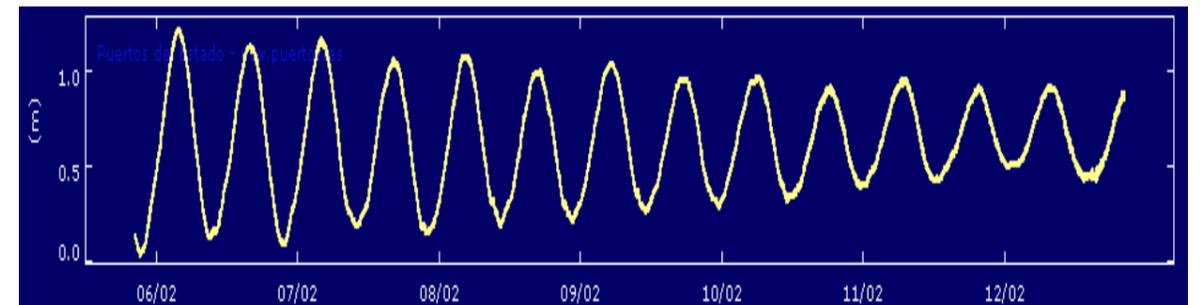
- Tramo I: Hmo= 6.7m
- Tramo II: Hmo= 8.7m
- Tramo III: Hmo= 8.4m

#### CORRIENTES DE MAREA

El planteamiento del estudio de hidrodinámica (Anejo de Hidrodinámica) ha consistido en la realización de medidas de corrientes in-situ, y el uso de modelos numéricos 3D para cuantificar el efecto de la ampliación proyectada en el sistema circulatorio del Estrecho de Gibraltar.

Con ello, los resultados obtenidos indican que el elemento que condiciona el sistema circulatorio en la zona de proyecto es la Isla de Las Palomas y que, debido a la forma en planta de la alternativa de proyecto, la afección que tiene ésta en el sistema circulatorio, es muy reducida, obteniendo unos resultados muy similares a los obtenidos para la situación actual.

Así, en la situación actual, y según los datos presentados por Puertos del Estado, figura que la carrera de marea en la zona de Tarifa, por el mareógrafo del Puerto de Tarifa es de 1.61m. medidos sobre el origen BMVE.



Mareógrafo de Tarifa (relación Altura de Marea/ Horas). Puertos del Estado.



Nivel del Mar / Sea Level  
Mareógrafo de Tarifa ( 3540 ) / Tarifa Tide Gauge

Datos Mensuales (Carreras) / Monthly Means (Range)  
Para el Año : 2009 / Coverage :2009

Valores calculados sobre la serie original (no filtrada) de datos observados cada 5 min.  
Values obtained from 5-minute-data (original) time series.

Mes Month	Carrera Media Mean Range (cm)	Carrera Máxima Maximum Range (cm)	Día del Máximo Maximum Day (cm)	Carrera Mínima Minimum Range (cm)	Día del Mínimo Minimum Day (cm)	Eficacia Efficiency (%)
Ene.	0	0	-	0	-	0
Feb.	0	0	-	0	-	0
Mar.	0	0	-	0	-	0
Abr.	0	0	-	0	-	0
May.	0	0	-	0	-	0
Jun.	0	0	-	0	-	0
Jul.	96	146	23	42	31	47
Ago.	86	164	21	35	29	100
Sep.	88	149	19	30	27	100
Oct.	87	135	18	32	26	100
Nov.	87	123	4	38	25	100
Dic.	87	137	31	37	26	93

Datos mensuales del año 2009 de Altura de Marea (cm). Puertos del Estado

Por tanto los niveles característicos para condiciones normales de operación referidos a la BMVE son:

- Referencia NMMA: -1.039m
- Nivel Medio (ZNMM): 1.041m
- Carrera de Marea TR: 1.610m
- Referencia BMVE: 0.236m

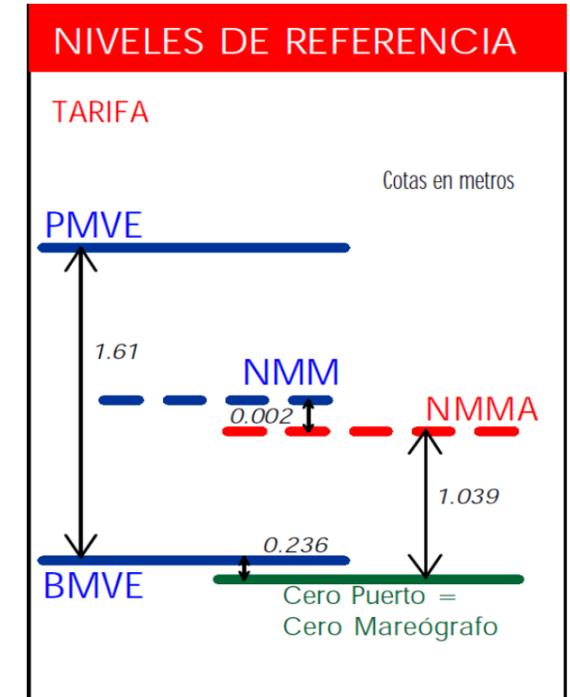
Luego: **PMVE= +1.61**  
**BMVE= +0.00**  
**NMM = +0.805**      **h=1.61 m**

**Referencia NMMA:** situación del cero del mareógrafo respecto al nivel medio del mar en Alicante.

**Nivel medio (ZNMM):** situación del nivel medio respecto al cero del mareógrafo.

**Carrera de marea (TR):** diferencia de nivel entre la pleamar media viva equinoccial (PMVE) y la bajamar media viva equinoccial (BMVE). El valor de la PMVE se ha calculado como la media de los niveles máximos de 50 años. La BMVE es la simétrica de la PMVE respecto al NMM.

**Referencia BMVE:** situación de la BMVE respecto al cero del mareógrafo.



**VIENTO**

La ROM 0.4-95 localiza el Puerto de Tarifa dentro del área IV donde la dirección reinante y dominante del viento es la del sector E-W.

Teniendo en cuenta la ubicación del Puerto de Tarifa y las características de los buques tipo considerados, el viento es el agente que más influye en las maniobras náuticas de entrada/salida, reviro y atraque/ desatraque.

Se realiza un análisis del régimen de vientos en Tarifa considerando las probabilidades de excedencia anuales de las velocidades medias de viento. Se aprecia que los vientos reinantes tienen una marcada componente E-W (levante-poniente) siendo los de poniente los dominantes, alcanzando velocidades medias diezminutales mayores de 30 m/s.

En condiciones extremas la velocidad básica del viento correspondiente a un periodo de retorno de 50 años resulta ser:

$$V_{v,10min}(10) = 33 \text{ m/s}$$



#### 4.4. ESTRUCTURAS DE GRAVEDAD. VALORACIÓN DE ACCIONES

##### 4.4.1. CARGAS PERMANENTES

El valor característico se deducirá aplicando a las dimensiones reales de los distintos elementos los pesos específicos correspondientes.

Peso específico del hormigón:

Hormigón armado:  $\gamma_s = 2,50 \text{ t/m}^3$

Hormigón en masa:  $\gamma_s = 2,30 \text{ t/m}^3$

Bloques paralelepípedicos:  $\gamma_s = 2,70 \text{ t/m}^3$

##### 4.4.2. CARGAS VARIABLES

##### CARGAS HIDRAÚLICAS

Tal como quedó reflejado en el punto 4.3.2., se toman las siguientes situaciones del nivel de agua como valores de cálculo por ser las que inducen mayores presiones sobre la estructura:

Situación de pleamar:

- Intradós: +1,60 m
- Trasdós: +1.60 m

##### CARGAS DE OLEAJE

Para el cálculo de las presiones de oleaje sobre estructuras verticales, se consideran las expresiones propuestas por Takahashi -en su documento "Design of vertical breakwaters" (1996)- y la expresión de Sainflou (1928).

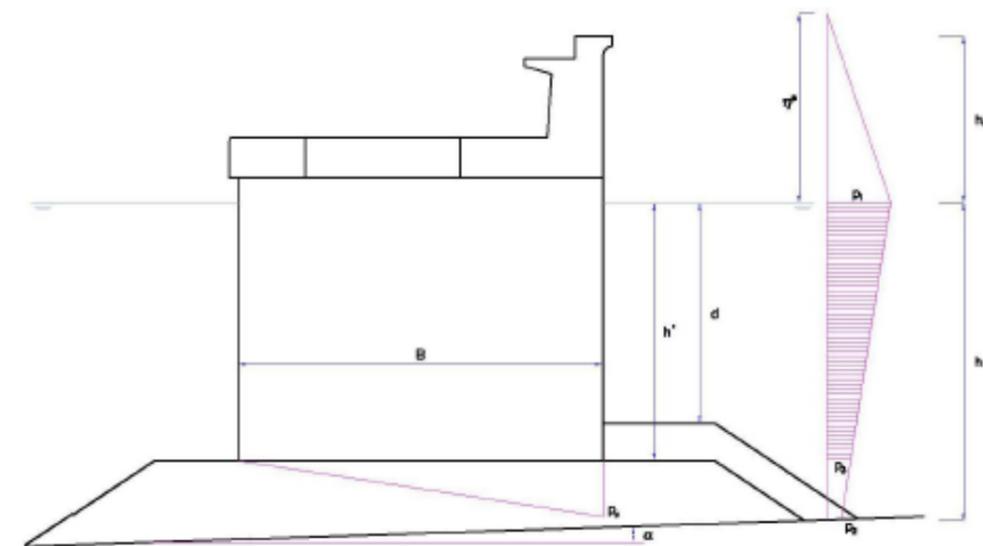
La expresión propuesta por Takahasi se basa en la obtenida por Goda (1972) y que contempla las siguientes ventajas sobre otras formulaciones existentes:

- Puede ser empleada para cualquier condición de oleaje incluyendo rotura.
- El oleaje de diseño empleado es la máxima altura de ola y puede ser evaluada mediante expresiones o diagramas.
- Está parcialmente basada en la teoría no lineal de oleaje y representa las características de las presiones del oleaje considerando la presión dividida en dos componentes.
- La fórmula de Goda clarifica el concepto de subpresión dinámica sobre la base del cajón adoptando una ley de presiones triangular.

Por tanto, la fórmula de Goda ha sido ampliada progresivamente incluyendo los siguientes parámetros.

- La dirección del oleaje incidente (Tanimoto, 1976).
- Los factores de modificación para la aplicación de otros tipos de estructuras verticales (Takahashi 1994).
- La evaluación de las presiones impulsivas (Takahashi 1994). Este factor puede presentarse cuando se produce la rotura del oleaje frente a grandes banquetas y que amplifica consecuentemente las presiones sobre la estructura resistente.

En la fórmula extendida de Goda, la presión actuante a lo largo de la pared vertical debida al oleaje se considera con distribución trapezoidal tanto por encima como por debajo de las aguas exteriores, mientras que la subpresión dinámica actúa en la base del cajón con una distribución triangular tal y como se refleja en la siguiente figura.



En donde "h" indica la profundidad de agua delante del dique, "d" la profundidad por encima de las capas de escollera de protección, "h'" la distancia desde el nivel de aguas de diseño hasta la cimentación de cajón, y "hc" la elevación del dique por encima del nivel de aguas de diseño. La elevación por encima de la cual la presión del oleaje se anula "η\*", y las presiones de oleaje "p1", p3, "p4" y "pu" pueden ser escritas en su forma general como:



$$\eta^* = 0,75(1 + \cos\theta) \lambda_1 H_D$$

$$P_1 = 0,5(1 + \cos\theta) (\lambda_1 \alpha_1 + \lambda_2 \alpha^* \cos^2 \theta) w_0 H_D$$

$$P_3 = \alpha_3 P_1$$

$$P_4 = \alpha_4 P_1$$

$$P_u = 0,5(1 + \cos\theta) \lambda_1 \alpha_1 \alpha_3 w_0 H_D$$

$$\alpha_1 = 0,6 + 0,5 \left[ \frac{4\pi h/L_D}{\sinh(4\pi h/L_D)} \right]^2$$

$$\alpha^* = \max[\alpha_2, \alpha_1]$$

$$\alpha_2 = \min \left[ \left( 1 - \frac{d}{h_b} \right) \cdot \frac{\left( \frac{H_D}{d} \right)^2}{3}, \frac{2d}{H_D} \right]$$

$$\alpha_3 = 1 - \left( \frac{h'}{h} \right) \left[ 1 - \frac{1}{\cosh\left( \frac{2\pi h}{L_D} \right)} \right]$$

$$\alpha_4 = 1 - \frac{h_c^*}{\eta^*}$$

$$h_c^* = \min [\eta^*, h_c]$$

en las que:

- $\theta$ : Ángulo de la dirección incidente del oleaje con la normal al dique.
- $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ : Coeficiente de modificación en función de la tipología estructural.
- $H_D, L_D$ : Altura y longitud de onda del oleaje de cálculo.
- $\alpha_i$ : Coeficiente de presiones impulsivas.
- $w_0$ : Peso específico del agua del mar.
- $h_b$ : Profundidad de agua a una distancia de 5 veces la altura de ola hacia mar.

Para los diques verticales de cajones clásicos, los coeficientes  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  se consideran igual a la unidad.

### CARGAS DEL TERRENO

Para el material del trasdós del muro de gravedad se utilizará un relleno con un ángulo de rozamiento interno  $\phi = 40^\circ$  y una cohesión  $c = 0$ , según valores obtenidos de la tabla 3.4.2.2.9. de la ROM 0.2-90.

El ángulo de rozamiento terreno-estructura, de acuerdo con la tabla 3.4.2.2.10. de la ROM 0.2-90, para el muro de gravedad de hormigón:

$$\delta = 2/3 \phi = 26,67^\circ$$

Por tanto el coeficiente de empuje activo para  $\alpha=90^\circ$  y  $\beta=0^\circ$  (tabla 3.4.2.2.2. de la ROM 0.2-90):

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(90 + 40)}{\text{sen}(90 - 26,67) \cdot \text{sen}^2 90 \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(40 + 26,67) \cdot \text{sen}(40 - 0)}{\text{sen}(90 - 26,67) \cdot \text{sen}(90 + 0)}} \right]^2} = 0,1998$$

Las densidades a considerar serán:

$$\gamma_d = 1,80 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2,10 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sum}} = 1,10 \text{ t/m}^3$$



TABLA 3.4.2.2.9. PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE CARACTERÍSTICOS USUALES, PARA LA DETERMINACIÓN DE EMPUJES DEL TERRENO.				
TIPO DE SUELO	Resistencia Final (1)			Resistencia Inicial (2)
	$\phi'_i$ (grados)	$\phi'_r$ (grados)	$c'$ (t/m <sup>2</sup> )	$c_u$ (t/m <sup>2</sup> )
TERRENOS NATURALES				
SUELOS GRANULARES				
-Gravas				
-Compacta	45	35	—	—
-Suelta	35	35	—	—
-Grava Arenosa				
-Compacta	43	33	—	—
-Suelta	33	33	—	—
-Arenas				
-Compacta	40	30	—	—
-Suelta	30	30	—	—
SUELOS COHESIVOS				
-Limos y arcilla arenolimoso	27	25	0,5-2,00	1,00-5,00
-Arcillas				
-Duras (sobreconsolidadas)	20	10	2,00	2,50-5,00
-Blandas (normalmente consolidadas)	17	10	—	1,00-2,50
-Sedimentos orgánicos				
-Muy arcillosos	15	12	1,50	1,00-2,00
-Poco arcillosos	20	15	1,00	1,00-2,50
-Turbas	15	—	0,5	—
-Fangos	20	—	0,5	1,00-2,00
RELLENOS				
ESCOLLERAS Y PEDRAPLENES				
-De granulometría abierta	40-45	—	—	—
-De granulometría cerrada (todo uno de cantera)				
-Compactos	35-40	—	—	—
-Suelos	30-35	—	—	—
RELLENOS GRANULARES Y COHESIVOS				
-Gravas				
-Compacto	40	—	—	—
-Suelo	35	—	—	—
-Arenas				
-Compacto	35	—	—	—
-Suelto	30	—	—	—
-Limos	25	—	—	—
-Terraplenes	30	—	—	—
RELLENOS ANTRÓPICOS				
-Escombros urbanos y basuras de demolición	35	—	—	—
RELLENOS NO CONVENCIONALES				
-Escorias de alto horno				
-Granuladas	30	—	—	—
-Troceadas	40	—	—	—
-Lapillis	35	—	—	—
-Cenizas volantes	25	—	—	—

TABLA 3.4.2.2.10. VALORES USUALES DEL ÁNGULO DE ROZAMIENTO TERRENO-ESTRUCTURA PARA LA DETERMINACIÓN DE EMPUJES DEL TERRENO.			
MATERIAL ESTRUCTURAL	TIPO DE TERRENO	$\delta$	
Escolleras/Fábricas/Hormigones/Madera	No cohesivo	$2/3 \phi'$	
	Cohesivo	Seco	$2/3 \phi'$
		Saturado	$1/3 \phi'$
Acero	No cohesivo	$1/3 \phi'$	
	Cohesivo	0	
Paramentos pintados con asfalto, alquitrán, betún, etc...	Cualquier terreno	0	
<b>NOTAS:</b> (1) En ángulo de rozamiento interno efectivo ( $\phi'$ ) que interviene en la determinación del ángulo $\delta$ será el de rotura ( $\phi'_i$ ) o el residual ( $\phi'_r$ ) en función del que intervenga en el empuje a calcular. (2) Si la estructura o el relleno están sujetos a vibraciones importantes deberá considerarse $\delta = 0$ . Si las vibraciones son originadas por el tráfico rodado convencional, ferrocarriles o equipos de manipulación y transferencia de mercancías será suficiente reducir el ángulo $\delta$ que haya surgido de la tabla en 5°.			

### CARGAS VARIABLES DE USO

Se comprueba que las peores solicitaciones a las que se verá sometida la estructura se producirán en el paso cresta del oleaje, y por lo tanto el modo de fallo será de deslizamiento o de vuelco hacia el trasdós.

Así, cualquier tipo de sobrecarga que se considerase sobre la estructura o sobre el relleno del trasdós tendría una contribución favorable para evitar la inestabilidad. Por este motivo, y con un criterio conservador, no se consideran sobrecargas de uso.



#### 4.4.3. CARGAS SÍSMICAS

En cuanto a las cargas provocadas por efectos sísmicos, se utilizarán los criterios de la NCSR-02.

Se cataloga al la zona del Puerto de Tarifa con un coeficiente  $a_b/g= 0.04$  (siendo  $a_b$  la aceleración sísmica básica), con lo que se aplica un coeficiente de contribución  $K= 1.2$

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

$a_b$ : Aceleración sísmica básica

$\rho$  : Coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda  $a_c$  en el período de vida para el que se proyecta la construcción. Toma el valor:

- construcciones de importancia normal  $\rho = 1,0$

S: Coeficiente de amplificación del terreno. Toma el valor: para  $0,4 g \leq \rho \cdot a_b$   $S = 1,0$

#### 4.5. CRITERIO DE COMBINACIÓN DE ACCIONES

Para el cálculo de las secciones de hormigón armado se estará a lo dispuesto en la norma EHE. Para el cálculo de los muros de gravedad se atenderá a lo dispuesto en el punto 4.2. de la ROM 0.2-90. Los valores de  $\gamma_i$  se tomarán igual a 1.00 de acuerdo con el punto 3.3.3.2. de la ROM 0.5-94/05-05. Los valores de  $\psi_i$  se tomarán del punto 3.2.3.2. de la ROM 0.2-90.

#### 4.6. DIMENSIONAMIENTO DEL DIQUE VERTICAL

El dique de abrigo proyectado en la Ampliación del Puerto de Tarifa, en su segunda alineación, es de tipo vertical. La sección es única, con cajones fondeados a  $z= -20m$ , sobre una banqueta con un núcleo de todo-uno, protegido por un manto de escollera de 3 a 4Ton., rematadas por un bloque de guarda en la cabeza del talud de la banqueta.

##### 4.6.1. CRITERIOS DE DISEÑO

##### PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

Según el estudio de suelos realizado para la implantación de la estructura de la Ampliación del Puerto de Tarifa, y con el objetivo de alcanzar el calado mínimo de proyecto en la zona Sur de la dársena, se tiene prevista la ejecución del dragado de la misma hasta la cota -9 m, siendo la superficie

a dragar de 56.945 m2. Del estudio geofísico realizado se desprende que en la zona a dragar hay una capa superficial de sedimentos de aproximadamente 0.5 m que se asienta sobre fondo rocoso.

La geología propia del medio se caracteriza por la presencia de flysch, y hace que en las proximidades a la costa se desarrolle una plataforma continental con escasa cobertura sedimentaria, predominando un fondo rocoso hasta los 30m de profundidad.

##### OLEAJE DE DISEÑO

Las acciones consideradas en este apartado para proceder al cálculo de la estabilidad de la estructura de defensa al deslizamiento y vuelco, son las debidas al oleaje (paso cresta y seno). El oleaje de diseño utilizado en este análisis es el obtenido del estudio de clima marítimo y de propagación del oleaje.

##### 4.6.2. COEFICIENTES DE SEGURIDAD EXIGIDOS

La definición de la sección tipo del dique, así como de las fases necesarias para su construcción, se llevan a cabo mediante el cálculo de los coeficientes de seguridad frente a deslizamiento, vuelco, hundimiento y estabilidad global de manera que no se superen los valores mínimos definidos en la ROM 0.5-05 en su apartado 4.7.5.6.

Dichos coeficientes son:

Apartado donde se define el método de cálculo asociado	Estados Límite Últimos de rotura de tipo geotécnico* (GEO)	Tipos de combinación		
		Cuasi-Permanentes, $F_1$	Fundamentales o Características, $F_2$	Accidentales o Sísmicas, $F_3$
3.5.5	Deslizamiento en el contacto hormigón-banqueta de apoyo	1,3	1,1	1
3.5.4	Hundimiento	1,8	1,5	1,2
3.5.6 y 3.7.11.1.2	Vuelco plástico	1,3	1,2	1,1
3.8	Estabilidad global	1,3	1,1	1
-	Erosiones y socavaciones	MP	MP	MP

##### 4.6.3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA SECCIÓN TIPO DE DIQUE VERTICAL

Se describe a continuación la metodología de cálculo empleada para la definición de la sección del dique vertical, así como las fases necesarias para su construcción.



Se sigue el proceso hasta conseguir que todos los coeficientes de seguridad calculados se mantengan por encima de los mínimos requeridos:

- Obtención, en las fases que lo requieren, de las presiones producidas por el oleaje sobre los cajones, tanto para la cresta como para el seno de ola.
- Cálculo de los coeficientes de seguridad frente a deslizamiento y vuelco según la metodología propuesta en la ROM 05-05 "Recomendaciones Geotécnicas para el Dimensionamiento de Obras Marítimas y Portuarias".

#### a. CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Siguiendo la metodología propuesta la ROM 05-05: "Recomendaciones Geotécnicas en el Dimensionamiento de Obras Marítimas" para el análisis de estructuras de gravedad cimentadas superficialmente, es necesario evaluar los estados límites últimos condicionados por las características geotécnicas del terreno. Dichos Estados Límite, para el presente caso en el que el terreno de cimentación es un sustrato rocoso son:

- E.L.U. de deslizamiento.
- E.L.U. de vuelco.

El cálculo del **coeficiente de seguridad a deslizamiento** se refiere al contacto entre la estructura de gravedad y el terreno sobre el que descansa, que se supone de superficie libre horizontal.

En este caso el coeficiente de seguridad a deslizamiento queda definido por:

$$C.S.D. = \frac{V \cdot \operatorname{tg} \phi_c + \alpha \cdot S + (E_p - E_a) + R_c}{H}$$

donde:

- V: Carga Vertical
- H: Carga Horizontal
- a: Adhesión cemento-terreno
- S: Superficie de apoyo
- E<sub>p</sub>: Empuje pasivo a la profundidad de cimentación
- E<sub>a</sub>: Empuje activo a la profundidad de cimentación
- R<sub>c</sub>: Otras posibles resistencias del contorno de los alzados laterales del cimiento
- φ<sub>c</sub>: Ángulo de rozamiento del contacto del cimiento con el terreno.

Considerando que las componentes de la resistencia debida al terreno situado por encima del nivel de cimentación (E<sub>p</sub> - E<sub>a</sub>) y R<sub>c</sub>, son despreciables del lado de la seguridad, y que, para el caso de muelles de gravedad formados por bloques de hormigón, hormigón sumergido y cajones, el término de adhesión es despreciable, resulta:

$$C.S.D. = \frac{V \cdot \operatorname{tg} \phi_c}{H}$$

El valor de tg φ<sub>c</sub> se considera, para el caso que nos ocupa, 0.7 al disponerse cajones prefabricados de hormigón sobre una base de hormigón in situ.

El **coeficiente de seguridad al vuelco** puede calcularse como el cociente entre momentos producidos por las fuerzas estabilizadoras y momentos producidos por las fuerzas volcadoras. El eje de giro respecto del cual se calculan dichos momentos es la arista del muelle en el caso teórico de que la cimentación fuera infinitamente rígida (como en el caso particular de un contacto entre bloques de hormigón). En este supuesto, el coeficiente de seguridad queda definido como:

$$C.S.V. = \frac{M_c}{M_v}$$

En el caso en que no se pueda considerar el cimiento como una estructura rígida (cimentaciones sobre banqueta de escollera), la rotura del terreno bajo el cimiento procede al vuelco, produciéndose el hundimiento del muelle cuando la franja de contacto con el terreno es lo suficientemente estrecha como para que la presión actuante "σ" alcance la presión de hundimiento del terreno "p<sub>h</sub>" para esa anchura de contacto, es decir, cuando:

$$\sigma = \frac{V}{x} = p_{v,h}$$

En esta situación puede suponerse que el muelle vuelca con eje de giro la línea equidistante de las dos que definen la franja de anchura x, es decir, con eje de giro a distancia x/2 de la arista extrema del muelle; por tanto los momentos se toman respecto a dicho eje.



$$C.S.V. = \frac{M_e}{M_v} = \frac{M_e - V \cdot \frac{x}{2}}{M_v}$$

El cálculo de  $p_h$  se realiza según lo prescrito de la citada ROM, referente al coeficiente de seguridad de hundimiento (fórmula de Brinch-Hansen), empleando como ancho efectivo de cimentación la anchura  $x$  de contacto en el instante del hundimiento y como ángulo de inclinación de la resultante de las acciones  $\delta'$ , siendo:

$$tg \delta' = f_v \cdot tg \delta$$

$$tg \delta' = \frac{H}{V}$$

Por tanto, el coeficiente de seguridad a vuelco, queda definido como el factor por el que se ha de multiplicar la componente horizontal  $H$  de la resultante de las acciones, para que el muro se hunda - vuelque- sobre la franja de anchura  $x$ :

$$C.S.V. = \frac{tg \delta}{tg \delta'}$$

### b. ARMADO DE LOS CAJONES

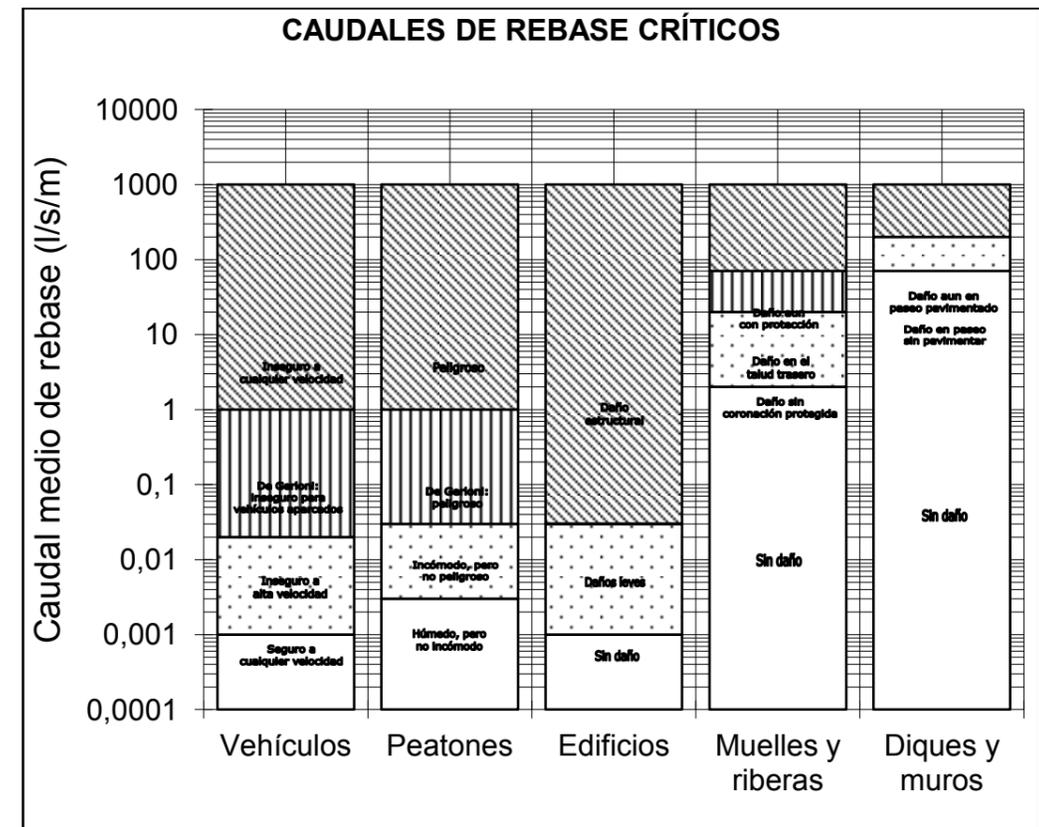
El armado de las placas que componen la infraestructura de la central, se realizada conforme a las especificaciones de la "Instrucción de Hormigón Estructural EHE".

### c. REBASE POR EL OLEAJE EN DIQUES DE PARAMENTO VERTICAL

La estimación del grado de rebasabilidad de un dique por el oleaje se puede obtener con base en la llamada *tasa de rebase*, que es una expresión promedio del volumen de agua (litros) que sobrepasa una sección de anchura unidad (metro) en la unidad de tiempo (segundo). Su evaluación en términos reales resulta relativamente complicada ya que, como es sabido, los rebases se producen de forma esporádica y en un breve lapso de tiempo, asociados a las olas que por sus características han conseguido una altura máxima de remonte sobre el paramento frontal del dique.

Para la evaluación de los fenómenos de remonte y rebase se siguen los criterios de diseño ya apuntados anteriormente. Una sección se considerará aceptable e efectos de rebase si de la aplicación de un modelo de verificación no se superan ninguno de los siguientes límites:

- Ante un temporal de periodo de retorno de  $T = 1$  año, no se producirán tasas de rebase significativas ( $q < 0,1$  l/m/s) que puedan afectar a la seguridad de peatones o vehículos estacionados tras el espaldón del dique, o bien, que el remonte de la ola sobre el paramento será inferior a su cota de coronación más 0,20 m.
- Ante un temporal de periodo de retorno de  $T = 45$  años, no se producirán tasas de rebase superiores al valor de inicio de daños en infraestructuras de la zona posterior. Este valor se puede deducir de las tablas basadas en la experiencia japonesa y corregidas por Gerloni y Franco. ( $q > 100$  l/m/s).



### d. HORMIGONES

Se estará a lo dispuesto en la norma EHE.

Para el hormigón armado que compone las piezas prefabricadas de la base, se considera un tipo de ambiente IIIc+Qb+E, de acuerdo con la nomenclatura reflejada en el artículo 8.2.3.de la EHE. Según la tabla 37.3.2.b. de la citada normativa la resistencia mínima compatible con los requisitos de durabilidad



resulta ser de 35 N/mm<sup>2</sup>. Para este caso se adopta un hormigón armado tipo HA-40 cuya resistencia es de 40 N/mm<sup>2</sup>.

Para el hormigón sumergido, se adopta un tipo de ambiente IIIb+Qb+E, por lo que, según la citada tabla 37.3.2.b., se adopta también una resistencia mínima de 30 N/mm<sup>2</sup>, esto es, un hormigón HM-30.

Para el acero se dispone el denominado AP 500 S, con un límite elástico no menor de 500 N/mm<sup>2</sup>.

Los coeficientes parciales de seguridad de los materiales para estados límites últimos se toman de la tabla 15.3 de la EHE, y resultan ser los siguientes:

Hormigón ( $\gamma_c$ )	Acero ( $\gamma_s$ )
1,50	1,15

Así pues, se tomarán los siguientes valores para el cálculo:

$$f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2 \cong 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cd} = 40 / 1,5 = 26,7 \text{ N/mm}^2 \cong 267 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2 \cong 5000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{yd} = 500 / 1,15 = 434,78 \text{ N/mm}^2 \cong 4350 \text{ kg/cm}^2$$

Se considera un nivel de control normal de ejecución por lo que para las acciones variables se utilizará un coeficiente parcial de seguridad para las acciones de  $\gamma_G = 1,60$ . Para las acciones permanentes de valor constante se tomará un  $\gamma_G = 1,50$ .

#### e. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

A continuación se resumen las características de los materiales y terrenos que intervienen en las obras objeto de este proyecto.

##### HORMIGÓN

$$\text{Densidad del hormigón armado: } \gamma_s = 2,50 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Densidad del hormigón en masa: } \gamma_s = 2,30 \text{ t/m}^3$$

##### RELLENO DEL TRASDÓS

$$\text{Densidad seca: } \gamma_d = 1,80 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Densidad saturada: } \gamma_{sat} = 2,10 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Densidad sumergida: } \gamma_{sum} = 1,10 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Ángulo de rozamiento interno: } 40^\circ$$

$$\text{Ángulo de rozamiento terreno-trasdós: } 26,67^\circ$$

#### 4.7. MODO DE CAPTACIÓN DE OLEAJE Y CONVERSIÓN ENERGÉTICA

La tecnología OWC (Oscillating Water Column—Columna de Agua Oscilante) ofrece posibilidades de incorporación al diseño del dique proyectado, respetando en lo posible tanto la línea definida del dique como la funcionalidad del mismo.

Para el aprovechamiento de la energía de las olas en tierra existen básicamente tres familias de dispositivos: dispositivos rebosantes, dispositivos basculantes y dispositivos de columna de agua oscilante.

Los dispositivos OWC funcionan de manera sencilla e inocua. La tecnología se basa en el movimiento oscilante de las olas, aunque cabe destacar que no es el agua del mar la que realmente mueve las turbinas, ya que nunca entra en contacto con ellas.

Consiste en una estructura hueca, abierta al mar por debajo de la lámina de agua y con un orificio en la parte superior de la cámara.

Cuando la ola llega, el agua entra en la cámara y comprime el aire del interior, que sale a presión por el orificio superior. A su paso mueve la turbina y, a su vez, hace girar el alternador que produce de esta forma energía eléctrica. Cuando la ola se retira succiona aire a través del mismo orificio y vuelve a impulsar la turbina que sigue generando energía eléctrica. El hecho de turbinar aire y no agua de mar supone en principio una clara ventaja en cuanto a la longevidad de los equipos.

Debido a los antecedentes existentes en el Puerto de Mutriku, se estima que la tecnología del mercado más adecuada de momento, corresponde a la empresa Wavegen.

Wavegen, del Grupo Voith Siemens, es la única empresa en Europa con experiencia en prototipos a escala real con tecnología OWC, habiendo participado tanto en el prototipo de LIMPET, instalación de su propiedad en la Isla de Islay, al suroeste de Escocia; como en el prototipo de la Isla de Pico, en las Azores.

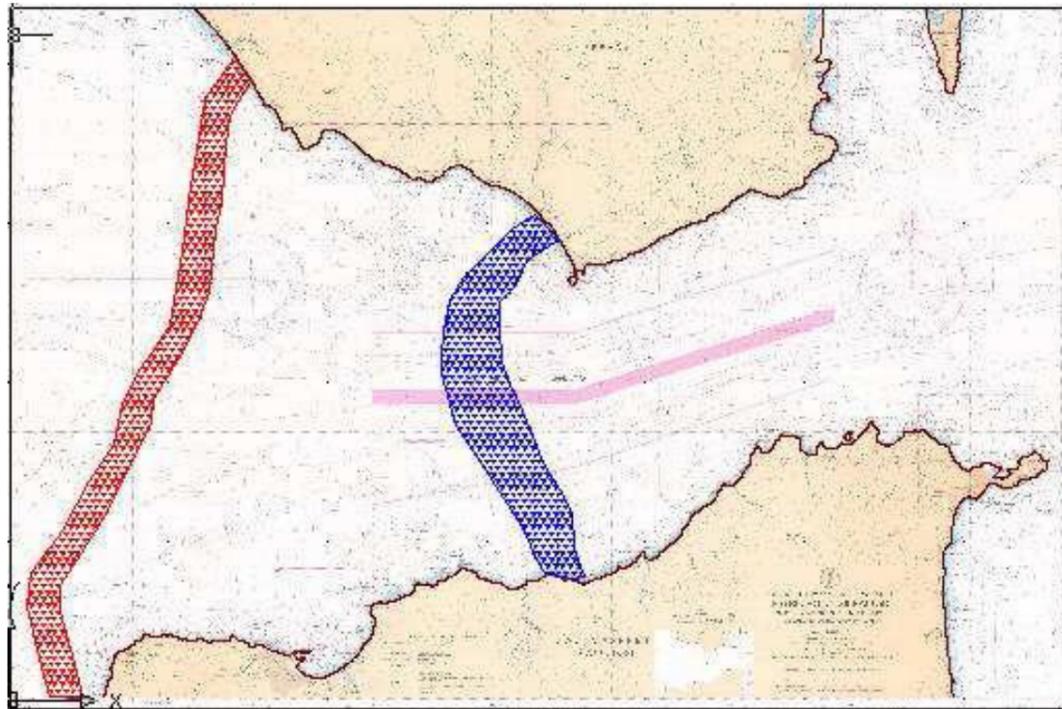


## PUNTOS DE CONEXIÓN ELÉCTRICA EN LA ZONA

En la zona existen emisarios eléctricos submarinos de Marruecos a España y un gaseoducto que aporta gas natural.

El emisario eléctrico fue reforzado en el año 2006, añadiendo 3 nuevos cables submarinos.

La zona del gaseoducto se puede observar en la siguiente imagen en rojo, mientras que el emisario submarino está marcado en azul:



Conexión eléctrica (azul) y de gas (roja)

Esta zona puede ser muy útil para el tendido de cables de evacuación de la electricidad generada por los dispositivos de aprovechamiento del oleaje. La red eléctrica de tierra discurre de forma paralela a la costa, siendo posible conectar en un punto de ella los generadores de corriente.

A la población, el suministro eléctrico le viene dado por la empresa Endesa mientras que el transporte es llevado a cabo por Red Eléctrica de España.

## 5. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DE LA PLANTA DE OLEAJE

### 5.1. NORMATIVA ENERGÉTICA ESTATAL DE MAYOR TRASCENDENCIA:

#### Sector Eléctrico: GENERAL

- **Ley 17/2007, de 4 de julio**, por la que se modifica la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, para adaptarla a lo dispuesto en la Directiva 2003/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad.
- **Orden ITC/400/2007, de 26 de febrero**, por la que se regulan los contratos bilaterales que firmen las empresas distribuidoras para el suministro a tarifa en el territorio peninsular.
- **Resolución de 19 de abril de 2007**, de la Secretaría General de Energía, por la que se regulan las emisiones primarias de energía previstas en la disposición adicional vigésima del Real Decreto 1634/2006, de 29 de diciembre, por el que se revisa la tarifa eléctrica a partir del 1 de enero de 2007.

#### RÉGIMEN ESPECIAL

- **Real Decreto 616/2007, de 11 de mayo**, sobre fomento de la cogeneración.
- **Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo**, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- **Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio**, por el que se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial.
- **Real Decreto 1485/2012, de 29 de octubre**, por el que se modifica el Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio, por el que se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial, para adaptarlo a la nueva denominación y estructura de los departamentos ministeriales.
- **Orden ITC/1673/2007**, de 6 de junio, por la que se aprueba el programa sobre condiciones de aplicación e aportación de potencia al sistema eléctrico de determinados productores y consumidores asociados que contribuyan a garantizar la seguridad de suministro eléctrico.



## TARIFAS ELÉCTRICAS

- **Real Decreto 871/2007, de 29 de junio**, por el que se ajustan las tarifas eléctricas a partir del 1 de julio de 2007.
- **Resolución de 29 de mayo de 2007**, de la Secretaría General de Energía, por la que se aprueban las reglas y el contrato tipo de la primera subasta a que hace referencia la Orden ITC/400/2007, de 26 de febrero, por la que se regulan los contratos bilaterales que firmen las empresas distribuidoras para el suministro a tarifa en el territorio peninsular.
- **Orden IET/2804/2012, de 27 de diciembre**, por la que se modifica la Orden ITC/2370/2007, de 26 de julio, por la que se regula el servicio de gestión de la demanda de interrumpibilidad para los consumidores que adquieren su energía en el mercado de producción.

El marco económico -actualmente desarrollado por el “**Real Decreto 661/2007** , de 25 de mayo (revisado en Febrero de 2013: **Real Decreto Ley 2/2013**), por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial” y la “Orden ITC/3519/2009, de 28 de diciembre, por la que se revisan los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2010 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial”- contempla unos niveles de retribución a la generación eléctrica que persiguen la obtención de unas tasas razonables de rentabilidad de la inversión. Para su determinación se tienen en cuenta los aspectos técnicos y económicos específicos de cada tecnología, la potencia de las instalaciones y su fecha de puesta en servicio, todo ello utilizando criterios de sostenibilidad y de eficiencia económica en el sistema.

Los titulares de instalaciones renovables pueden escoger –por períodos no inferiores a un año- entre dos alternativas de retribución para la energía evacuada:

- Venta a tarifa regulada, diferente para cada tecnología.
- Venta libre en el mercado de producción de energía eléctrica. Su retribución es el precio que resulta en el mercado organizado (o el precio libremente negociado), complementado por una prima, específica para cada área tecnológica renovable.

En esta alternativa, los niveles de las primas son variables en función de los precios horarios del mercado:

- Para precios bajos del mercado, el esquema retributivo garantiza la obtención de un mínimo nivel de retribución, que ofrezca certidumbre al titular de una instalación renovable sobre la mínima rentabilidad obtenible.

- Además, el esquema contempla un límite máximo de retribución a efectos de percepción de primas, de manera que los valores de las primas son nulos para altos precios del mercado, limitando así los sobrecostos del sistema.

El marco vigente no contempla, para las instalaciones del régimen especial, limitaciones al volumen total de electricidad producida anualmente que da derecho a prima.

En 2013 se modifica el valor de la prima de referencia de todos los subgrupos, que pasa a tener un valor de 0 c€/kWh y se suprimen los valores de los límites superiores y límites inferiores.

La tabla siguiente indica los niveles de retribución a la generación eléctrica de origen renovable, en función de la tecnología renovable y de la alternativa de retribución seleccionada por el titular:

	Opciones de Venta de Electricidad	Opación a	Opación b. Venta en el Mercado Organizado de la Electricidad
	Plazo	Tarifa regulada c€/kWh	Prima de referencia c€/kWh
<b>b.3. Geotérmica, olas, mareas, rocas calientes y secas, oceanotérmica y corrientes marinas</b>	Primeros 20 años	6,8900	0,0000
	A partir de entonces	6,5100	0,0000

Sin embargo, en el **artículo 39 modificado del RDL 2/2013**, queda redactado lo siguiente:

«**Artículo 39.** Tarifas para instalaciones de la categoría b), grupo b.3: geotérmica, de las olas, de las mareas, de las rocas calientes y secas, oceanográfica, y de las corrientes marinas.

Sin perjuicio de lo establecido en el artículo 36, para las instalaciones del grupo b.3, se podrá determinar el derecho a la percepción de una tarifa, específica para cada instalación, durante los primeros quince años desde su puesta en servicio.

El cálculo de esta tarifa para cada instalación se realizará a través de los datos obtenidos en el modelo de solicitud del **anexo VIII.**»

En caso de limitaciones en el punto de conexión derivadas de viabilidad física o técnica para expansión de la misma, o por la aplicación de los criterios de desarrollo de la red, el Real Decreto 661/2007 reconoce a los generadores de régimen especial a partir de fuentes de energía renovable prioridad de conexión frente al resto de los generadores. Frente a este derecho de prioridad de acceso, la legislación vigente no prevé reserva de capacidad.



El artículo 31 del Real Decreto 2019/1997 obliga al Operador del Sistema a presentar para su aprobación por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITyC) los procedimientos de operación de carácter técnico e instrumental necesarios para realizar la adecuada gestión técnica del sistema, quien resolverá previo informe de la Comisión Nacional de la Energía (CNE). En cumplimiento de lo anterior, existen en la actualidad una serie de Procedimientos de Operación de los cuales están relacionados con la generación en régimen especial conectada a las redes de transporte los siguientes:

- P.O. 12.1 Solicitudes de acceso para la conexión de nuevas instalaciones a la red de transporte.
- P.O. 12.2 Instalaciones conectadas a la red de transporte: requisitos mínimos de diseño, equipamiento, funcionamiento y seguridad y puesta en servicio.
- P.O. 14.8. Sujeto de liquidación de las instalaciones de régimen especial.

El procedimiento de autorización de las infraestructuras de la red de transporte y distribución se encuentra actualmente regulado en la Ley 54/1997 y en el Real Decreto 1955/2000, que desarrolla la primera. Con el fin de coordinar los procesos administrativos de autorización de infraestructuras con la Planificación, ésta última recoge una fecha de necesidad para cada una de las infraestructuras.

En lo referente a los costes de conexión, la normativa actual establece que los costes de conexión correrán a cargo del promotor mientras que el transportista o distribuidor será el que asuma los costes de refuerzo o ampliación de la red de transporte o distribución, respectivamente, es decir, se aplica lo que la Decisión 2009/548/CE denomina el “enfoque limitado”.

Estos últimos tienen garantizada la recuperación de la inversión a través de un sistema de retribución regulado por el *Real Decreto 325/2008, de 29 de febrero, por el que se establece la retribución de la actividad de transporte de energía eléctrica para instalaciones puestas en servicio a partir del 1 de enero de 2008* y el *Real Decreto 222/2008, de 15 de febrero, por el que se establece el régimen retributivo de la actividad de distribución de energía eléctrica*.

## 5.2. ADJUDICACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN

Estipulado esto, se considerará promotor de la Central de Oleaje del Puerto de Tarifa, a Puertos del Estado, estableciéndose la necesidad de contratar la gestión y explotación de la misma por una empresa del sector eléctrico.

En consideración de las empresas eléctricas de la zona, tanto en el ámbito de producción, como de distribución de la energía, se manifiesta como la solución más adecuada, el contratar a modo de

Concesión Administrativa, con ENDESA, la gestión y explotación de la Central, aunque el transporte lo llevará a cabo Red Eléctrica Española.

Según el **Artículo 16, del Real Decreto 661/2007**, se establecen las condiciones de los Contratos con las empresas de red, tal que:

1. El titular de la instalación de producción acogida al régimen especial y la empresa distribuidora suscribirán un contrato tipo, según modelo establecido por la Dirección General de Política Energética y Minas, por el que se regirán las relaciones técnicas entre ambos.

En dicho contrato se reflejarán, como mínimo, los siguientes extremos:

- a. Puntos de conexión y medida, indicando al menos las características de los equipos de control, conexión, seguridad y medida.
- b. Características cualitativas y cuantitativas de la energía cedida y, en su caso, de la consumida, especificando potencia y previsiones de producción, consumo, generación neta, venta y, en su caso, compra.
- c. Causas de rescisión o modificación del contrato.
- d. Condiciones de explotación de la interconexión, así como las circunstancias en las que se considere la imposibilidad técnica de absorción de los excedentes de energía.

La empresa distribuidora tendrá la obligación de suscribir este contrato, incluso aunque no se produzca generación neta en la instalación.

2. Adicionalmente, en el caso de conexión a la red de transporte, se aplicará lo dispuesto en el artículo 58 del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, y deberá comunicarse el contrato técnico de acceso a la red de transporte al operador del sistema y al gestor de la red de transporte.

Este contrato técnico se anejará al contrato principal definido en el apartado anterior.

La firma de los mencionados contratos con los titulares de redes requerirá la acreditación ante éstos de las autorizaciones administrativas de las instalaciones de generación, así como de las correspondientes instalaciones de conexión desde las mismas hasta el punto de conexión en la red de transporte o distribución, necesarias para la puesta en servicio.



## 0.5. VIABILIDAD: PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS





**VIABILIDAD.PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS: ÍNDICE**

<b>1. ANÁLISIS DE OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>	5.2.1. ALTERNATIVA 2-A. UBICACIÓN PRÓXIMA AL MORRO.....	14
<b>2. ANÁLISIS DEL RECURSO DISPONIBLE .....</b>	<b>3</b>	5.2.2. ALTERNATIVA 2-B. UBICACIÓN EN EL TRAMO CURVO .....	14
2.1. DATOS DE LA BOYA DE TARIFA.....	4	<b>6. EXPOSICIÓN DE ALTERNATIVAS. FACTORES Y PESOS .....</b>	<b>15</b>
2.1.1. DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE ALTURA SIGNIFICATIVA Y PERIODO DE PICO: SERIE ANUAL.....	4	6.1. PARÁMETROS A CONSIDERAR EN EL ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS .....	15
2.1.2. POTENCIA DE OLEAJE ANUAL, FUNCIÓN DE LA ALTURA SIGNIFICATIVA Y EL PERIODO DE PICO: SERIE ANUAL.....	5	6.1.1. PESOS DE LOS FACTORES.....	15
2.1.3. DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE ALTURA SIGNIFICATIVA Y DIRECCIÓN: SERIE ANUAL.....	5	6.2. EXPOSICIÓN DE PARÁMETROS DE LAS ALTERNATIVAS.....	16
2.1.4. POTENCIA DE OLEAJE ANUAL, FUNCIÓN DE LA ALTURA SIGNIFICATIVA Y DIRECCIÓN DE PROCEDENCIA: SERIE ANUAL.....	5	5.2.1. VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SEGÚN PARÁMETROS.....	17
2.1.4. POTENCIA DE OLEAJE ESTACIONAL, FUNCIÓN DE LA ALTURA SIGNIFICATIVA Y EL PERIODO DE PICO: SERIE DICIEMBRE-FEBRERO. ....	5		
2.1.5. POTENCIA DE OLEAJE ESTACIONAL, FUNCIÓN DE LA ALTURA SIGNIFICATIVA Y EL PERIODO DE PICO: SERIE MARZO-MAYO.....	6		
2.1.6. POTENCIA DE OLEAJE ESTACIONAL, FUNCIÓN DE LA ALTURA SIGNIFICATIVA Y EL PERIODO DE PICO: SERIE JUNIO-AGOSTO .....	6		
2.1.7. POTENCIA DE OLEAJE ESTACIONAL, FUNCIÓN DE LA ALTURA SIGNIFICATIVA Y EL PERIODO DE PICO: SERIE SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE.....	6		
2.2. CONCLUSIÓN .....	6		
<b>3. TECNOLOGÍA .....</b>	<b>6</b>		
3.1. TURBINAS .....	6		
3.1.1. TURBINA WELLS .....	7		
<b>4. SISTEMA DE CAPTACIÓN .....</b>	<b>8</b>		
4.1. CLASIFICACIÓN DE CONVERTIDORES .....	8		
4.2. ALTERNATIVA 1: TECNOLOGÍA OWC Y TURBINAS WELLS.....	9		
4.3. ALTERNATIVA 2: TECNOLOGÍA U-OWC Y TURBINAS WELLS.....	10		
<b>5. SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN.....</b>	<b>12</b>		
5.1. ENERGÍA A LO LARGO DE LA LONGITUD DEL DIQUE.....	12		
5.2. ZONAS CRÍTICAS DEL PUERTO .....	14		



## 1. ANÁLISIS DE OBJETIVOS

### OPORTUNIDAD DE IMPLANTACIÓN DE UNA PLANTA DE OLEAJE EN EL NUEVO DIQUE PROYECTADO

Ésta es una propuesta de un segundo uso del futuro dique, contribuyendo a un más óptimo aprovechamiento de las estructuras planteadas, así como disminuyendo la emisión de CO<sub>2</sub>, que implica el uso del recurso de la energía renovable de las olas.

De modo similar al caso de Mutriku (Guipúzcoa), en el Puerto de Tarifa se planteó una ampliación, solicitada por la necesidad de mayor capacidad de las instalaciones saturadas existentes, para atender con requisitos de calidad y seguridad, el volumen de tráfico de pasajeros y vehículos que soporta ya en la actualidad y, más aún, para garantizar la demanda prevista en un horizonte temporal de 25 años.

En este proyecto se ha incluido un nuevo dique de abrigo perpendicular a la línea de costa, y un contradique a partir del anterior sensiblemente paralelo a la costa (aunque a día de hoy el proyecto está paralizado).

Con el adecuado estudio de la zona, cabe la idea de incorporar un sistema captación de olas en un futuro dique de abrigo, mediante el sistema de columna de agua oscilante, que permita la conversión de su energía.

Para esto, la presente propuesta va a basarse en el actual dique proyectado, aportando ciertas modificaciones en la infraestructura, que permitan sin problema el cumplimiento que ha de ejercer la obra como sistema de protección. El objetivo será buscar la explotación más óptima de la energía del oleaje, del modo más rentable posible.

Las alternativas que a continuación se plantean, están basadas tanto en la eficiencia energética, como en un estudio detallado de rentabilidad de cada propuesta.

## 2. ANÁLISIS DEL RECURSO DISPONIBLE

El sistema de captación, fuere cual fuere, se vería acotado para garantizar su supervivencia y generar energía de forma rentable. La mejor forma de tratar con estos umbrales es conocer la matriz de energía de cada captador.

Para tener un orden de magnitud, se conocen los siguientes rangos operativos en cuanto a:

### Altura de ola significativa:

- Límite superior. La problemática radica en que una excesiva carga sobre el aparato podría causar daños estructurales. Se decide anteponer la supervivencia a la extracción de energía desactivando el captador al sobrepasar una altura de ola determinada. Según las páginas de fabricantes éste límite es variable con el periodo y la potencia máxima, pero se puede establecer entre los 5 y 7m.
- Límite inferior. Existe para aquellas condiciones en las que no hay suficiente potencial para generar energía de manera económica, y extraerla no produce beneficios. Este límite oscila entre 0,5 y 1m.

Siguiendo únicamente estas indicaciones, es posible realizar una primera criba de datos considerando solo aquellos que entren dentro del rango de captación de energía.

### Periodo pico

La información disponible acerca de los límites en cuanto a periodo pico es mucho más limitada que en el caso de la altura de ola. Así como algunos fabricantes sí proporcionan un orden de magnitud para la altura de ola, no es el caso para el periodo pico.

Llega un punto en el cuál aunque aumente el periodo, el nivel de energía capaz de producir el aparato no aumenta, sino que por el contrario disminuye.

El objetivo final es conocer la cantidad de energía que es posible extraer de una zona en cuestión mediante los convertidores.

Los fabricantes aplican un porcentaje de eficiencia teórica del dispositivo. Ésta eficiencia, no solo dependerá de la capacidad de extracción de electricidad por el diseño del captador en sí, sino también de la operatividad del mismo. Ésta variará en función de las características del oleaje, siendo



previsiblemente mayor en zonas donde el clima sea más severo. Se asume que el porcentaje aplicado es un valor aproximado, puesto que no es posible conocer su valor exacto.

La metodología a seguir sería la siguiente:

- Dadas las matrices de energía de los dispositivos, se sabe que los valores de cada celda se obtienen a partir de una expresión del tipo:

$$E = F \cdot L \cdot \eta \text{ [KW]} \text{ donde;}$$

$$F = A \cdot H^2 \cdot T \text{ [KW / m]} \text{ flujo de energía,}$$

A es un parámetro que depende del tipo de espectro, que en el caso puede asumirse un valor de 0.5.

L es la longitud de cresta en la que el dispositivo actúa.

$\eta$  es el factor de capacidad, que relaciona la energía transformada en electricidad con la energía disponible.

- Conociendo el porcentaje de horas anuales ( $X_{ij}$ ) de cada par de valores  $H_i$  y  $T_j$  en los puntos de estudio, la potencia anual que el dispositivo extraería en un año suponiendo que trabaja las 8766 horas (contando los bisiestos) vendría dada por:

$$P_{\text{anual}} = \sum 8766 \cdot 0.5 \cdot H_i^2 T_j \cdot L \cdot \eta \cdot \left( \frac{X_{ij}}{100} \right) \text{ [KWh]}$$

Los valores L y  $\eta$  no se conocen a priori, de modo que se aplicaría una lógica inversa para obtenerlos.

## 2.1. DATOS DE LA BOYA DE TARIFA

### Boya de tarifa 1500

Considerando la zona de cálculo en las proximidades de la zona de proyecto, y a una cota media de profundidad de 30 m, la boya 1500 sirve de referencia para estimar la cantidad de energía que ofrece el oleaje en el proyecto de ampliación del Puerto de Tarifa.

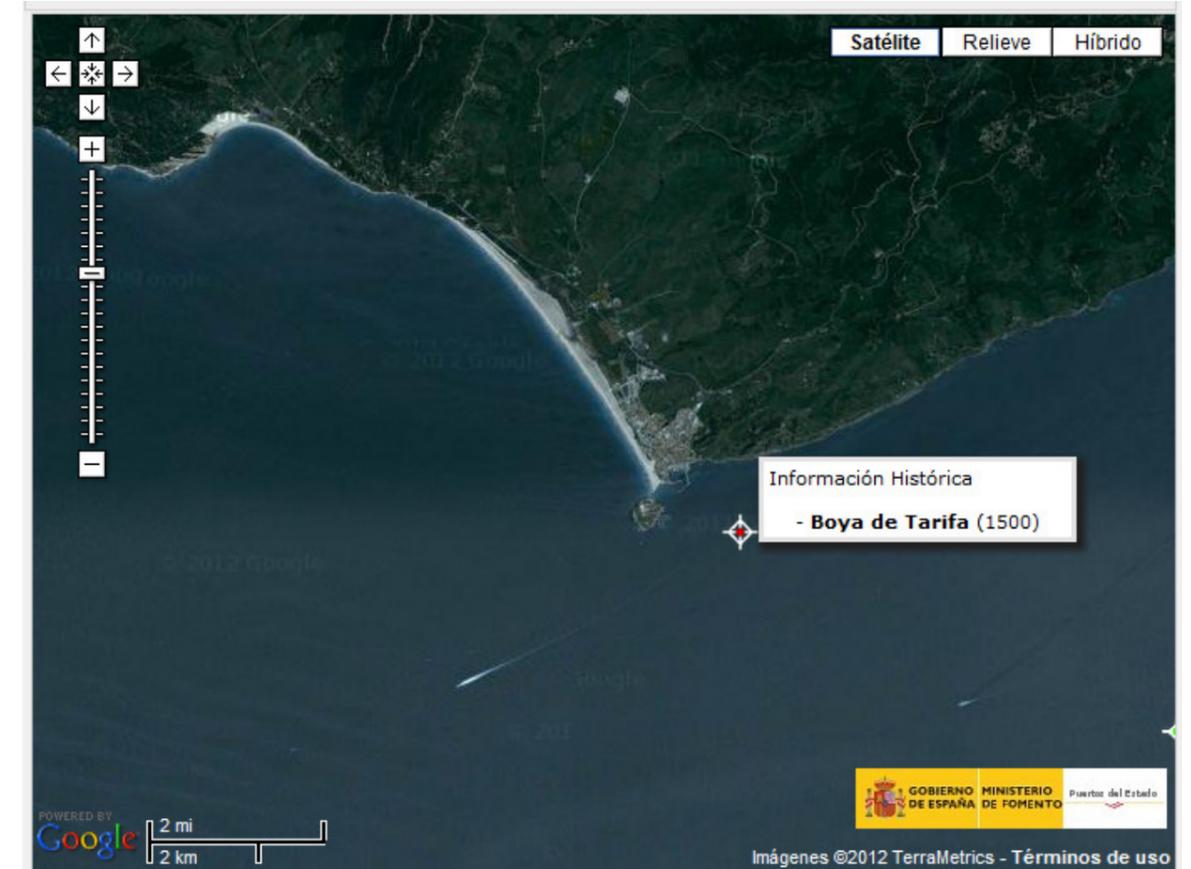
Conjunto de Datos: REDCOS

Boya de : Tarifa

Longitud : -5.590 E

Latitud : 36.000 N

Profundidad : 33 m



### 2.1.1. DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE ALTURA SIGNIFICATIVA Y PERIODO DE PICO: SERIE ANUAL

BOYA 1500		HS-TP ANUAL											
Abr. 2009 - Jun. 2011	TP (s)	<=2,0	4	6	8	10	12	14	16	18	20	>20,0	TOTAL
ANUAL	Hs (m)												
	<=0,5	0,000	0,000	0,614	3,625	6,799	7,823	6,492	7,250	2,703	4,567	4,608	44,481
	1	0,000	0,000	0,737	5,058	5,509	5,447	5,017	4,444	1,864	3,010	4,424	35,511
	1,5	0,000	0,000	0,000	0,164	1,311	1,434	2,191	3,338	1,085	1,925	1,167	12,615
	2	0,000	0,000	0,000	0,020	0,061	0,287	0,676	1,352	1,106	1,085	0,307	4,895
	2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,205	0,471	0,614	0,573	0,123	2,007
	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,041	0,143	0,287	0,020	0,492
	3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	> 5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	TOTAL	0,000	0,000	1,351	8,867	13,680	15,011	14,581	16,896	7,515	11,447	10,649	100



**2.1.2. POTENCIA DE OLEAJE ANUAL, FUNCIÓN DE LA ALTURA SIGNIFICATIVA Y EL PERIODO DE PICO: SERIE ANUAL**

AÑO/YEAR: 2011	Tp (s)											POT. TOTAL ANUAL/(L*h) [(Kw/m)*h]	
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	20,5		
Hs (m)													
0,5	0,000	0,000	40,367	317,768	745,000	1028,646	995,905	1271,070	533,126	1000,858	1035,089	6967,83042	
1,0	0,000	0,000	193,816	1773,537	2414,595	2864,904	3078,532	3116,488	1470,584	2638,566	3975,030	21526,05258	
1,5	0,000	0,000	129,386	1292,875	1697,010	3024,993	5266,963	1926,000	3796,774	2359,276		19493,27745	
2,0	0,000	0,000	28,051	106,945	603,802	1659,228	3792,522	3490,271	3804,444	1103,376		14588,64018	
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	65,745	786,201	2064,393	3027,557	3139,324	690,733	9773,95303	
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	258,772	1015,366	2264,258	161,733	3700,12860	
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000	
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000	
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000	
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000	
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000	
TOTAL	0,000	0,000	234,184	2248,742	4559,416	6260,107	9544,859	15770,209	11462,904	16644,223	9325,238	76049,88226	

Teniendo en cuenta las 8766 horas anuales.

El energético a la hora, por turbina, es de 8,6 Kw. Aunque ésta no sería la energía resultante en el dique, ya que hay que añadir el factor de la geometría de éste.

**2.1.3. DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE ALTURA SIGNIFICATIVA Y DIRECCIÓN: SERIE ANUAL**

Tabla de Altura HS-DIRECCIÓN DE PROCEDENCIA en % ANUAL

Dirección	Hs (m)													Total
	≤0,2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	>5		
CALMAS	4,975	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,975
N	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NNE	22,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NE	45,0	0,000	0,061	0,102	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,184
ENE	67,5	0,000	1,863	4,709	1,167	0,164	0,102	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,026
E	90,0	0,000	4,894	9,848	4,771	2,273	0,983	0,184	0,041	0,000	0,000	0,000	0,000	22,993
ESE	112,5	0,000	3,583	3,317	0,962	0,573	0,471	0,184	0,041	0,000	0,000	0,000	0,000	9,132
SE	135,0	0,000	2,621	1,106	0,225	0,143	0,041	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,136
SSE	157,5	0,000	4,013	1,003	0,164	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,201
S	180,0	0,000	7,228	1,720	0,287	0,061	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9,316
SSW	202,5	0,000	10,852	7,228	1,966	0,553	0,102	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,700
SW	225,0	0,000	4,279	6,286	3,030	1,106	0,287	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,008
WSW	247,5	0,000	0,102	0,164	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,287
W	270,0	0,000	0,020	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,041
WNW	292,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NW	315,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NNW	337,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TOTAL	4,975	39,517	35,504	12,613	4,894	2,007	0,410	0,082	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	100,000

**2.1.4. POTENCIA DE OLEAJE ANUAL, FUNCIÓN DE LA ALTURA SIGNIFICATIVA Y DIRECCIÓN DE PROCEDENCIA: SERIE ANUAL**

POTENCIA ANUAL, SEGÚN HS Y DIRECCIÓN DE PROCEDENCIA

Dirección	Hs (m)													Total
	≤0,2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	>5		
CALMAS	3783,482	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3783,482
N	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NNE	22,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NE	45,0	0,000	46,390	77,571	15,210	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	139,171
ENE	67,5	0,000	1416,809	3581,189	887,502	124,722	77,571	15,210	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6103,003
E	90,0	0,000	3721,881	7489,392	3628,340	1728,614	747,570	139,932	31,180	0,000	0,000	0,000	0,000	17486,910
ESE	112,5	0,000	2724,867	2522,575	731,600	435,766	358,195	139,932	31,180	0,000	0,000	0,000	0,000	6944,115
SE	135,0	0,000	1993,267	841,112	171,112	108,751	31,180	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3145,423
SSE	157,5	0,000	3051,882	762,780	124,722	15,210	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3954,594
S	180,0	0,000	5496,885	1308,058	218,263	46,390	15,210	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	7084,807
SSW	202,5	0,000	8252,933	5496,885	1495,141	420,556	77,571	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15743,086
SW	225,0	0,000	3254,174	4780,496	2304,311	841,112	218,263	15,210	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11413,566
WSW	247,5	0,000	77,571	124,722	15,210	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	217,503
W	270,0	0,000	15,210	15,210	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	30,420
WNW	292,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NW	315,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NNW	337,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TOTAL	3783,482	30051,871	26999,990	9591,411	3721,121	1525,561	310,284	62,361	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	76046,080

**2.1.4. POTENCIA DE OLEAJE ESTACIONAL, FUNCIÓN DE LA ALTURA SIGNIFICATIVA Y EL PERIODO DE PICO: SERIE DICIEMBRE-FEBRERO.**

DICIEMBRE-FEBRER	Tp (s)											POT. TOTAL TRIMESTRAL/(L*h) [(Kw/m)*h]	
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	20,5		
Hs (m)													
0,5	0,000	0,000	0,000	10,800	52,083	43,967	59,384	185,155	72,900	300,834	498,150	1223,27280	
1,0	0,000	0,000	4,601	160,445	385,668	398,002	561,557	629,510	541,598	1388,664	2783,219	6853,26420	
1,5	0,000	0,000	0,000	69,401	329,751	791,402	826,346	1721,995	1062,445	2846,502	1850,129	9497,97090	
2,0	0,000	0,000	0,000	24,538	92,448	296,006	734,227	1234,483	1332,806	2283,552	948,478	6946,53840	
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	67,095	1003,320	954,990	1156,950	593,629	3775,98375	
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	110,419	500,386	972,000	141,475	1724,27940	
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000	
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000	
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000	
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000	
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000	
TOTAL	0,000	0,000	4,601	265,183	859,950	1529,377	2248,609	4884,883	4465,125	8948,502	6815,079	30021,30945	

Teniendo en cuenta las 2.160 horas trimestrales.

El estudio del oleaje estacional, permite conocer las máximas que ofrecería el proyecto, debiendo así adaptar la tecnología pertinente para su aprovechamiento.

Se obtiene una potencia por metro a la hora de 13,899Kw, que es 1,6 veces mayor que el valor medio obtenido anual (8,676Kw).



**2.1.5. POTENCIA DE OLEAJE ESTACIONAL, FUNCIÓN DE LA ALTURA SIGNIFICATIVA Y EL PERIODO DE PICO: SERIE MARZO-MAYO**

MARZO-MAYO		Tp (s)										POT. TOTAL TRIMESTRAL/(L*h) [(Kw/m)*h]
Hs (m)		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
0,5	0,000	0,000	12,442	62,510	165,861	262,181	256,775	237,298	123,444	197,748	153,652	1471,91040
1,0	0,000	0,000	53,590	489,888	740,016	895,666	973,426	949,190	355,946	382,752	222,286	5062,75920
1,5	0,000	0,000	0,000	34,409	588,546	430,693	1145,453	1929,226	387,536	344,574	146,954	5007,39165
2,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	152,928	535,853	1551,744	1286,150	765,504	0,000	4292,17920
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	47,790	446,985	638,280	1291,545	1275,750	0,000	3700,35000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	91,757	309,679	802,872	0,000	1204,30800
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
TOTAL	0,000	0,000	66,031	586,807	1494,423	1789,258	3358,492	5397,494	3754,301	3769,200	522,891	20738,89845

Teniendo en cuenta las 2160 horas trimestrales. Se obtiene una potencia por metro a la hora de 9,601Kw

**2.1.6. POTENCIA DE OLEAJE ESTACIONAL, FUNCIÓN DE LA ALTURA SIGNIFICATIVA Y EL PERIODO DE PICO: SERIE JUNIO-AGOSTO**

JUNIO-AGOSTO		Tp (s)										POT. TOTAL TRIMESTRAL/(L*h) [(Kw/m)*h]
Hs (m)		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
0,5	0,000	0,000	14,807	173,232	359,073	470,383	387,601	508,766	152,944	246,726	84,298	2397,83085
1,0	0,000	0,000	72,382	666,662	603,072	789,394	629,294	736,819	98,755	43,848	44,944	3685,17060
1,5	0,000	0,000	0,000	0,000	49,329	59,195	345,303	197,510	44,615	0,000	0,000	695,95200
2,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	61,690	0,000	0,000	0,000	0,000	61,68960
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
TOTAL	0,000	0,000	87,188	839,894	1011,474	1318,972	1423,888	1443,096	296,314	290,574	129,242	6840,64305

Teniendo en cuenta las 2160 horas trimestrales. Se obtiene una potencia por metro a la hora de 3,167 Kw.

**2.1.7. POTENCIA DE OLEAJE ESTACIONAL, FUNCIÓN DE LA ALTURA SIGNIFICATIVA Y EL PERIODO DE PICO: SERIE SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE**

SEPTIEM-NOVIEMBRE		Tp (s)										POT. TOTAL TRIMESTRAL/(L*h) [(Kw/m)*h]
Hs (m)		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
0,5	0,000	0,000	16,103	112,687	234,792	334,076	370,969	456,149	223,366	254,880	254,389	2257,41060
1,0	0,000	0,000	80,482	525,917	644,004	740,534	807,710	665,453	386,467	670,896	577,633	5099,09580
1,5	0,000	0,000	0,000	0,000	60,264	181,084	253,449	579,701	163,150	0,000	0,000	1237,64760
2,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,282	0,000	257,818	192,845	107,136	0,000	622,08000
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	117,180	0,000	150,660	0,000	267,84000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
TOTAL	0,000	0,000	96,584	638,604	939,060	1319,976	1549,309	1959,120	1116,488	1032,912	832,021	9484,07400

Teniendo en cuenta las 2160 horas trimestrales. La potencia obtenida por metro a la hora, es de 4,391Kw.

**2.2. CONCLUSIÓN**

- Se disponen de 8,6 Kw a la hora, de media anual por turbina; y de 13,9 Kw como máxima media estacional (invierno).
- Según el tipo de tecnología, pero en general, por los antecedentes conocidos, de esta energía, no sería aprovechable la proveniente de alturas de ola menores a 1m.
- A su vez, hay que realizar un estudio del porcentaje de oleaje que incidirá en el dique, debido a la disposición y geometría que éste presenta.
- Además, hay que tener en cuenta los rendimientos medios que en sí presentarían tanto el equipo tecnológico, como el sistema de captación.

**3. TECNOLOGÍA**

**3.1. TURBINAS**

La turbina es el elemento tractor de la central de oleaje, y el más complejo desde el punto de vista de diseño porque desarrolla su trabajo bajo condiciones de funcionamiento muy desfavorables que condicionan su diseño:



- Amplitud del rango de funcionamiento: las condiciones del oleaje son sumamente cambiantes y la turbina debe ser capaz de trabajar en una amplia gama de situaciones.
- No estacionariedad y bidireccionalidad del flujo. La bidireccionalidad del flujo es otro problema que condiciona el diseño de la turbina porque debe tener la capacidad de funcionar correctamente en los dos sentidos del flujo.
- Velocidad de rotación constante: la turbina debe girar a velocidad constante para el correcto funcionamiento del alternador. Esto, combinado con la no estacionariedad del flujo, condiciona totalmente el patrón de flujo en el interior de la turbina.

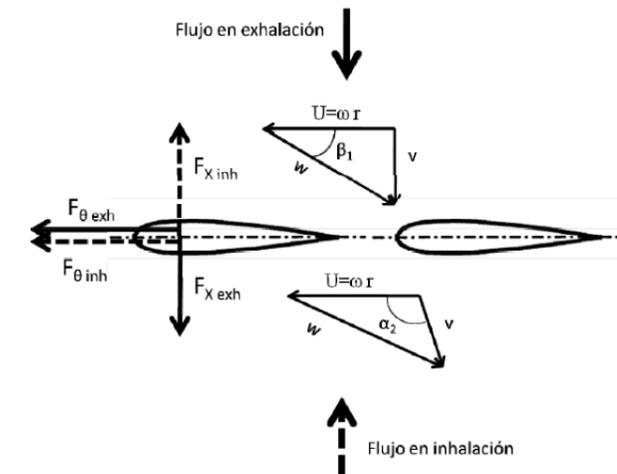
La turbina Wells fue la primera turbina bidireccional para sistemas OWC, se propuso en 1976 de la mano de Dr. A.A.Wells (Raghunathan, 1995). A raíz de los problemas que presentaba la turbina Wells (E-ON, 2005), se comenzaron a desarrollar otros modelos alternativos.

En torno a los años noventa surgieron las turbinas de impulso para sistemas OWC (Kaneko, y otros, 1992). Pueden dividirse en dos tipos, radiales y axiales, cada una de ellas con diversas variantes.

### 3.1.1. TURBINA WELLS

Consta de un rodete simétrico, que es ideal para trabajar en un flujo bidireccional. El par de giro inducido por  $F_{\theta}$  siempre tiene el mismo sentido, independientemente de que el flujo sea de inhalación o de exhalación. No ocurre lo mismo con la otra componente de la fuerza,  $F_x$ , que generará un empuje axial oscilante sobre el rodete.

Los triángulos de velocidades son iguales en los dos modos de funcionamiento pero de sentido inverso, en el dibujo se muestran los correspondientes con la exhalación.



Esquema de fuerzas y triángulos de velocidades en un álabe de una turbina Wells

Gracias a que el par de giro siempre es en el mismo sentido, independientemente del sentido del flujo, la turbina Wells es apta para trabajar en flujo bidireccional. Esto permite eliminar los sistemas rectificadores de flujo necesarios para turbinas convencionales.

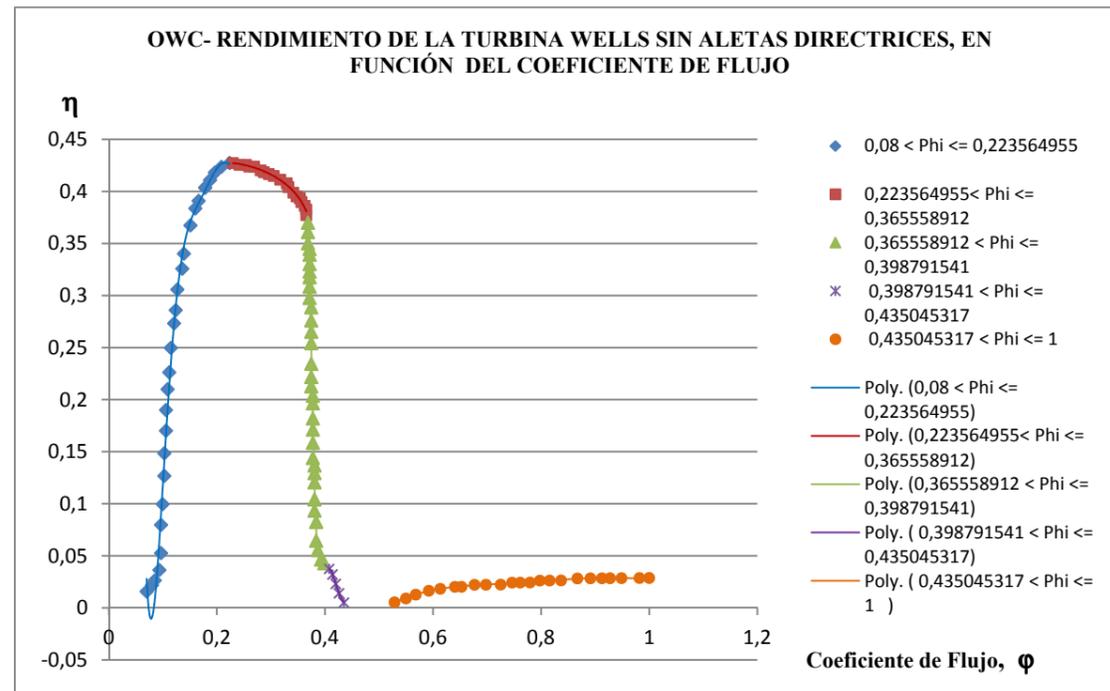
En caudales bajos, debido a una configuración geométrica simétrica, no funciona como bomba, como sí hacen otro tipo de turbinas, cuando el caudal circulante es muy reducido (Raghunathan, 1995).

Sin embargo, la turbina Wells presenta ciertas desventajas que condicionan enormemente su rendimiento (Raghunathan, 1995), (Castro, y otros, 2007).

El más importante de estos problemas es que el rango de caudales para los cuales la turbina funciona a alto rendimiento es muy estrecho. El rendimiento de la turbina depende del ángulo de ataque del flujo porque éste determina el patrón de flujo en torno a los álabes.

El comportamiento global de una turbina OWC suele evaluarse en función del coeficiente de flujo, que determina el punto de funcionamiento de la turbina es el coeficiente de flujo  $\phi$ . Este coeficiente tiene la siguiente expresión:

$$\phi = \frac{Q}{u_R A_R} = \frac{v_R}{u_R}$$

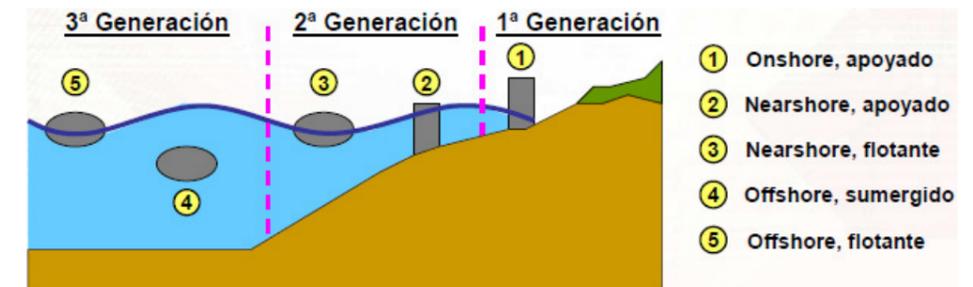
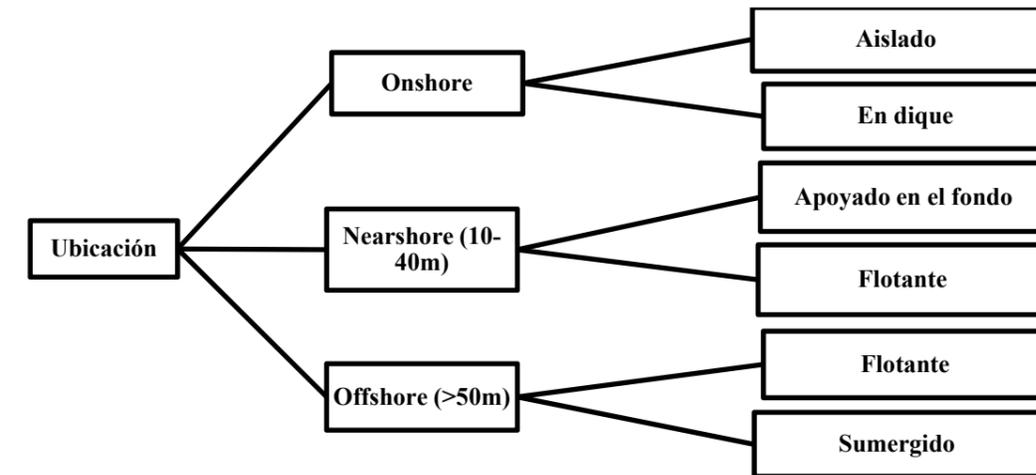


Se muestra cómo efectivamente las condiciones del flujo van a influir en el peor o mejor rendimiento de la turbina, estando el aprovechamiento óptimo en torno al 40 % de la energía disponible por la cámara.

#### 4. SISTEMA DE CAPTACIÓN

##### 4.1. CLASIFICACIÓN DE CONVERTIDORES

Según la ubicación:



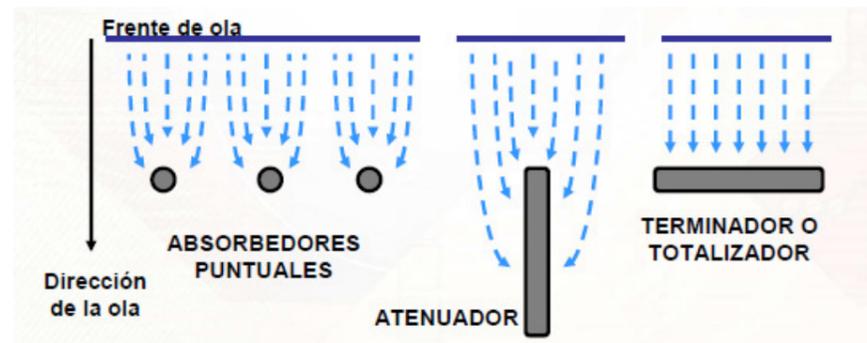
Clasificación según Tamaño y Orientación:

- **Absorbedores Puntuales:** Son estructuras pequeñas en comparación con la ola incidente; suelen ser cilíndricas y, por lo tanto, indiferentes a la dirección de la ola; generalmente se colocan varios agrupados formando una línea.

- **Atenuadores:** Se colocan paralelos a la dirección de avance de las olas, y son estructuras largas que van extrayendo energía de modo progresivo; están menos expuestos a daños y requieren menores esfuerzos de anclaje que los terminadores.



– **Terminadores o totalizadores:** Están situados perpendicularmente a la dirección del avance de la ola (paralelos al frente de onda), y pretenden captar la energía de una sola vez.



#### 4.2. ALTERNATIVA 1: TECNOLOGÍA OWC Y TURBINAS WELLS

##### DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA OWC

La tecnología OWC (Oscillating Water Column–Columna de Agua Oscilante) ofrece posibilidades de incorporación al diseño del dique proyectado, respetando en lo posible tanto la línea definida del dique como la funcionalidad del mismo.

Para el aprovechamiento de la energía de las olas en tierra existen básicamente tres familias de dispositivos: dispositivos rebosantes, dispositivos basculantes y dispositivos de columna de agua oscilante.

Los dispositivos OWC funcionan de manera sencilla e inocua. La tecnología se basa en el movimiento oscilante de las olas, aunque cabe destacar que no es el agua del mar la que realmente mueve las turbinas, ya que nunca entra en contacto con ellas.

Consiste en una estructura hueca, abierta al mar por debajo de la lámina de agua y con un orificio en la parte superior de la cámara.

Cuando la ola llega, el agua entra en la cámara y comprime el aire del interior, que sale a presión por el orificio superior. A su paso mueve la turbina y, a su vez, hace girar el alternador que produce de esta forma energía eléctrica. Cuando la ola se retira succiona aire a través del mismo orificio y vuelve a

impulsar la turbina que sigue generando energía eléctrica. El hecho de turbinar aire y no agua de mar supone en principio una clara ventaja en cuanto a la longevidad de los equipos.

##### ANTECEDENTES

Tomando como referencia el proyecto llevado a cabo en el Puerto de Mutriku, se estima que la tecnología del mercado más adecuada de momento, corresponde a la empresa Wavegen.

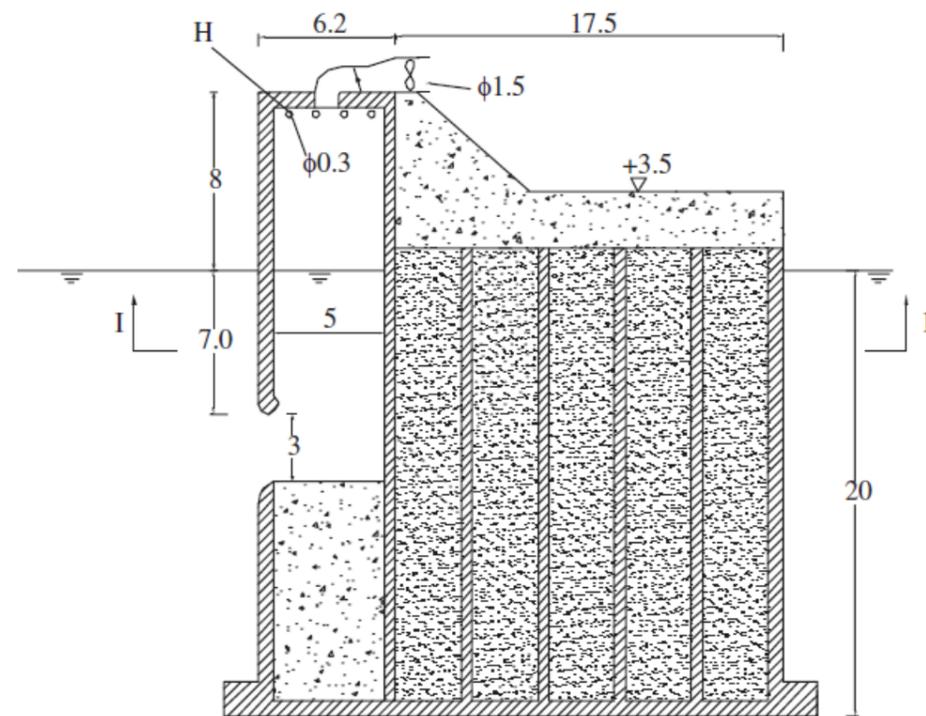
Wavegen, del Grupo Voith Siemens, es la única empresa en Europa con experiencia en prototipos a escala real con tecnología OWC, habiendo participado tanto en el prototipo de LIMPET, instalación de su propiedad en la Isla de Islay, al suroeste de Escocia; como en el prototipo de la Isla de Pico, en las Azores.

Igualmente que en el proyecto de Mutriku, al tratarse de un modelo de implantación en la costa y aprovechando el enclave de un dique, un método adecuado que hoy se conoce parece resultar la columna oscilante OWC.

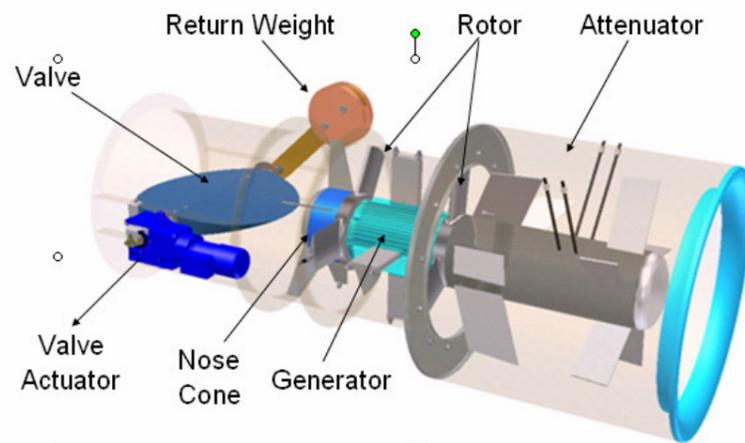
Contando con los antecedentes de Islay (Escocia, 2000) y Mutriku (2011), se ha hecho un estudio de adaptación de tal tecnología a la secuencia de oleaje que en el caso ofrece el puerto de Tarifa.

##### APLICACIÓN AL OLEAJE DE TARIFA

- Tecnología OWC (columna de agua oscilante).
- Sistema WAVEGEN-Voith Siemens Hydro Power Generation.
- Multiturbinas Wells.



ALTERNATIVA 1. Modelo OWC. P. Boccotti



Turbina Wells de Voith Hydro

Lo que el clima marítimo de la zona nos ofrece, son 76049,88226 KW\*h anuales, donde la primera limitación, para una cámara de captación OWC, estaría en las alturas de ola inferiores a 1 m, y en periodos no inferiores a 2 sg, ni por encima de 30 sg.

Con ello, la reducción de oleaje a tener en cuenta es de 69082,05184 KW\*h anuales, que representa un 91% del total.

Por la experiencia previa de Mutriku, en el caso de imponer un sistema de captación OWC, el rendimiento de la cámara sobre el oleaje considerado, es de un 90%.

Además, hay que tener en cuenta el factor de capacidad debido a la turbina empleada. Usando una turbina Wells similar a la empleada en Mutriku, sin aletas directrices, el rendimiento suele ser del orden de un 40%, debido a no poder operar siempre a la potencia nominal.

Con ello, en una situación ideal de total incidencia de oleaje, independientemente de su direccionalidad y de la geometría del dique, se concluye un rendimiento en el sistema del 32%.

Este porcentaje viene a ser 24640,16185 KW\*h anuales para Tarifa, o sea unos 24,6 MWh al año por turbina, o lo que es igual, **2,81 KW por turbina y hora.**

#### 4.3. ALTERNATIVA 2: TECNOLOGÍA U-OWC Y TURBINAS WELLS

##### ANTECEDENTES

La comprensión del proceso de intercambio de energía entre el exterior e interior de la cámara se añade al estudio de las cámaras OWC, tal que se han realizado investigaciones experimentales sobre cámaras con modelos a escala (Graw, 1993), (Boccotti, 2007a), (Mendes, y otros, 2007).

Diversos autores han generado modelos numéricos para estudiar este proceso de transferencia de energía (Falcao, y otros, 1999), (Josset, y otros, 2007), (Sykes, y otros, 2007)..., pero hasta ahora, siempre se ha tratado de modelos en los que se han introducido numerosas aproximaciones y por tanto no reflejan con exactitud la realidad. No obstante, su utilidad ha quedado demostrada en numerosos trabajos, y han permitido optimizar el funcionamiento del binomio turbina-cámara.



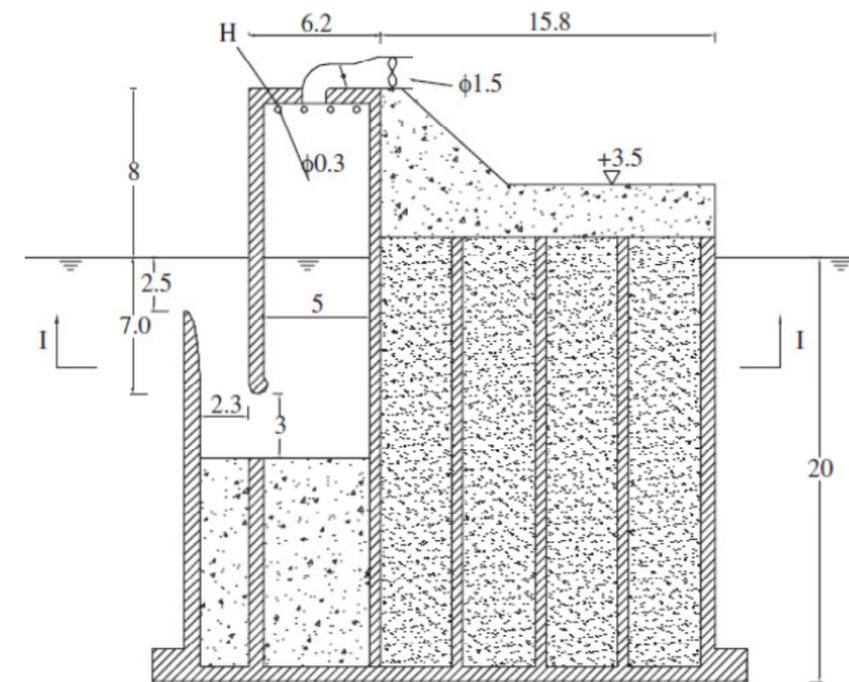
## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema U-OWC (columna de agua oscilante con un conducto U / J) es como un rompeolas de tipo cajón, variante de OWC, capaz de proteger un puerto y, al mismo tiempo, de convertir la ola en energía eléctrica, incluso tratándose de olas tipo swells (de mar de fondo). Está en desarrollo, aunque el profesor P. Boccotti, de la Universidad de Calabria, Italia, ha patentado un modelo tal que parece dar importantes rendimientos incluso con pequeñas olas como en el Mar Mediterráneo.

- La planta es capaz de convertir hasta el 100% de la energía de las olas swells (ondas de baja frecuencia) en la energía de una columna de agua, que se puede transformar en energía eléctrica con la alta eficiencia de las turbinas Wells.
- La posibilidad de convertir hasta el 100% de la energía del oleaje fue prevista por el profesor Paolo Boccotti. Describe la teoría de que las olas tipo swells pueden ser amplificadas por la cámara U-OWC, de tal modo que la planta energética puede absorber la totalidad del oleaje incidente.
- Esto es posible debido a un importante hallazgo teórico: la velocidad de propagación de la energía de onda reflejada por un U-OWC puede aproximarse a cero. En otras palabras, esto significa que la amplificación de las swells permanece en un espacio cerrado de la planta de energía y no se expande hacia el mar abierto. De esta manera, la planta de energía se comporta como una especie de "agujero negro".
- La teoría se confirma en un experimento a pequeña escala, dirigido por el profesor Boccotti, en el NOEL (Natural Ocean Engineering Laboratory - [www.noel.unirc.it](http://www.noel.unirc.it)) frente a la playa de Reggio Calabria, donde un sistema U-OWC de 16 m de longitud fue construido en el agua con 2 m de profundidad.

Según conclusiones del Profesor P. Boccotti, la cámara U-OWC con una turbina Wells en cada cámara, similar a las empleadas en Mutriku (Wells monoplano sin aletas directrices, con diámetros de 0,7m y velocidad angular entorno a 4000rpm), podría producir 5,5 veces más electricidad que una cámara OWC convencional. A través de sus experimentos, presenta el rendimiento que daría la turbina frente a la altura de ola.

## APLICACIÓN AL OLEAJE DE TARIFA



**ALTERNATIVA 2. Modelo U-OWC. P. Boccotti**

Implantando multiturbinas Wells, como las ideadas por el Profesor Boccotti (y similares a las de Mutriku), en el dique proyectado para Tarifa, y teniendo en cuenta su clima marítimo, se obtendría lo siguiente:



Tarifa: Energía producida por una turbina, en función de la altura de ola en una hora												
Abr. 2009 - Jun. 2011		4	6	8	10	12	14	16	18	20	>20,0	TOTAL HORA (KW)
ANUAL												
Hs (m)	TP (s)											
<=0,5	<=2,0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,5		0,000000	0,000000	0,019387	0,154979	0,169519	0,259007	0,394599	0,128262	0,227562	0,137956	1,491273
2		0,000000	0,000000	0,009808	0,029916	0,140751	0,331524	0,663048	0,542405	0,532106	0,150559	2,400115
2,5		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,018986	0,194605	0,447116	0,582865	0,543944	0,116763	1,904278
3		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,057896	0,201931	0,405275	0,028242	0,693345
3,5		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4,5		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
> 5,0		0,000000	0,000000	0,029196	0,184895	0,329256	0,785136	1,562660	1,455463	1,708887	0,433520	6,489011
TOTAL		0,000000	0,000000	0,029196	0,184895	0,329256	0,785136	1,562660	1,455463	1,708887	0,433520	6,489011

Tarifa.SERIE ESTACIONAL DICIEMBRE-FEBRERO. Energía producida por una turbina, en función de la altura de ola en una hora												
Abr. 2009 - Jun. 2011		4	6	8	10	12	14	16	18	20	>20,0	TOTAL HORA (KW)
ANUAL												
Hs (m)	TP (s)											
<=0,5	<=2,0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,5		0,000000	0,000000	0,042202	0,160417	0,320834	0,287142	0,523571	0,287142	0,692381	0,439048	2,752737
2		0,000000	0,000000	0,034820	0,104950	0,280030	0,595370	0,875890	0,840580	1,296180	0,525240	4,553059
2,5		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,067400	0,881891	0,746143	0,813542	0,407246	2,916222
3		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,100260	0,403863	0,706054	0,100260	1,310435
3,5		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4,5		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
> 5,0		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
TOTAL		0,000000	0,000000	0,077022	0,265367	0,600863	0,949912	2,381612	2,277728	3,508157	1,471793	11,532454

La cantidad de Kw a la hora que una turbina podría producir (en situación ideal de incidencia de oleaje desde todos los ángulos), teniendo en cuenta una Hs mayor de 1m, sería de 6,49 KW, frente a los 2,81 Kw. Esto implica un rendimiento 2,3 veces mayor que el que daría el sistema OWC (en la misma situación ideal de incidencia).

La mayor cantidad de energía proviene de la estación invernal, pudiendo llegar a rendir el sistema 11,53Kw a la hora por turbina.

Con estos resultados de rendimiento, parece claro que un modelo U-OWC sería más adecuado para el oleaje del Puerto de Tarifa.

### 5. SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN

Para decidir la ubicación de la central, se van a usar dos criterios; uno dependiente de la geometría a lo largo de la longitud del dique, y otro función de la proximidad a puntos críticos.

#### 5.1. ENERGÍA A LO LARGO DE LA LONGITUD DEL DIQUE

El dique de abrigo consta de dos alineaciones diferenciadas.

- La primera, en talud, es de orientación N-S con una longitud de 560 m, y está cimentada a una profundidad variable desde la línea de costa hasta los 17-18m de profundidad.
- La segunda alineación está compuesta por un tramo en curva de una longitud de 735m, con aproximada perpendicularidad a la primera alineación. Sus profundidades en la traza van desde los 18 a los 26m.

Ésta segunda resulta más expuesta al oleaje, con lo que el estudio energético se realiza únicamente sobre ella.

Se ha modelizado la línea de dique y se ha obtenido, para una separación de 5 m entre turbinas, espacio para 143 unidades.



Turbina Núm.	Kw por turbina y hora	Kw en dique por hora	Kw en dique al año	Mw en dique al año
t 1	3,228667	3,228667	28283,122943	28,283123
t 2	3,228667	6,457334	56566,245886	56,566246
t 3	3,228667	9,686001	84849,368829	84,849369
t 4	3,228667	12,914668	113132,491772	113,132492
t 5	3,228667	16,143335	141415,614715	141,415615
t 6	3,228667	19,372002	169698,737658	169,698738
t 7	3,228667	22,600669	197981,860601	197,981861
t 8	3,228667	25,829336	226264,983544	226,264984
t 9	3,228667	29,058003	254548,106487	254,548106
t 10	3,228667	32,286670	282831,229430	282,831229
t 11	3,228667	35,515337	311114,352373	311,114352
t 12	3,228667	38,744004	339397,475316	339,397475
t 13	3,228667	41,972671	367680,598259	367,680598
t 14	3,228667	45,201338	395963,721202	395,963721
t 15	3,228667	48,430005	424246,844145	424,246844
t 16	3,228667	51,658672	452529,967088	452,529967
t 17	3,228667	54,887339	480813,090031	480,813090
t 18	3,228667	58,116006	509096,212974	509,096213
t 19	3,228667	61,344673	537379,335917	537,379336
t 20	3,228667	64,573340	565662,458860	565,662459
t 21	3,228667	67,802007	593945,581803	593,945582
t 22	3,228667	71,030674	622228,704746	622,228705
t 23	3,228667	74,259341	650511,827689	650,511828
t 24	3,228667	77,488008	678794,950632	678,794951
t 25	3,228667	80,716675	707078,073575	707,078074
t 26	3,228667	83,945342	735361,196518	735,361197
t 27	3,228667	87,174009	763644,319461	763,644319
t 28	3,228667	90,402676	791927,442404	791,927442
t 29	3,228667	93,631343	820210,565347	820,210565
t 30	3,228667	96,860010	848493,688290	848,493688
t 31	3,228667	100,088677	876776,811233	876,776811
t 32	3,228667	103,317344	905059,934176	905,059934
t 33	3,228667	106,546011	933343,057119	933,343057
t 34	3,228667	109,774678	961626,180062	961,626180
t 35	3,228667	113,003345	989909,303005	989,909303
t 36	3,228667	116,232012	1018192,425948	1018,192426
t 37	3,228667	119,460679	1046475,548891	1046,475549
t 38	3,228667	122,689346	1074758,671834	1074,758672
t 39	3,228667	125,918013	1103041,794777	1103,041795
t 40	3,228667	129,146680	1131324,917720	1131,324918
t 41	3,228667	132,375347	1159608,040663	1159,608041
t 42	3,228667	135,604014	1187891,163606	1187,891164
t 43	3,228667	138,832681	1216174,286549	1216,174287
t 44	3,228667	142,061348	1244457,409492	1244,457409
t 45	3,228667	145,290015	1272740,532435	1272,740532
t 46	3,228667	148,518682	1301023,655378	1301,023655
t 47	3,228667	151,747349	1329306,778321	1329,306778
t 48	3,228667	154,976016	1357589,901264	1357,589901

Turbina Núm.	Kw por turbina y hora	Kw en dique por hora	Kw en dique al año	Mw en dique al año
t 49	3,228667	158,204683	1385873,024207	1385,873024
t 50	3,228667	161,433350	1414156,147150	1414,156147
t 51	3,228667	164,662017	1442439,270093	1442,439270
t 52	3,228667	167,890684	1470722,393036	1470,722393
t 53	3,228667	171,119351	1499005,515979	1499,005516
t 54	3,228667	174,348018	1527288,638922	1527,288639
t 55	3,228667	177,576685	1555571,761865	1555,571762
t 56	3,228667	180,805352	1583854,884808	1583,854885
t 57	3,228667	184,034019	1612138,007751	1612,138008
t 58	3,228667	187,262686	1640421,130694	1640,421131
t 59	3,228667	190,491353	1668704,253637	1668,704254
t 60	3,228667	193,720020	1696987,376580	1696,987377
t 61	3,228667	196,948687	1725270,499523	1725,270500
t 62	3,228667	200,177354	1753553,622466	1753,553622
t 63	3,228667	203,406021	1781836,745409	1781,836745
t 64	3,228667	206,634688	1810119,868352	1810,119868
t 65	3,228667	209,863355	1838402,991295	1838,402991
t 66	3,228667	213,092022	1866686,114238	1866,686114
t 67	3,228667	216,320689	1894969,237181	1894,969237
t 68	3,228667	219,549356	1923252,360124	1923,252360
t 69	3,228667	222,778023	1951535,483067	1951,535483
t 70	3,228667	226,006690	1979818,606010	1979,818606
t 71	3,228667	229,235357	2008101,728953	2008,101729
t 72	3,228667	232,464024	2036384,851896	2036,384852
t 73	3,228667	235,692691	2064667,974839	2064,667975
t 74	3,228667	238,921358	2092951,097782	2092,951098
t 75	3,228667	242,150025	2121234,220725	2121,234221
t 76	3,228667	245,378692	2149517,343668	2149,517344
t 77	3,228667	248,607359	2177800,466611	2177,800467
t 78	3,228667	251,836026	2206083,589554	2206,083590
t 79	3,228667	255,064693	2234366,712497	2234,366712
t 80	3,228667	258,293360	2262649,835440	2262,649835
t 81	3,228667	261,522027	2290932,958383	2290,932958
t 82	3,228667	264,750694	2319216,081326	2319,216081
t 83	3,228667	267,979361	2347499,204269	2347,499204
t 84	3,228667	271,208028	2375782,327212	2375,782327
t 85	3,228667	274,436695	2404065,450155	2404,065450
t 86	3,229167	277,665362	2432348,573098	2432,352950
t 87	3,229123	280,894029	2460631,696041	2460,640070
t 88	3,229075	284,122696	2488914,818984	2488,926765
t 89	3,229032	287,351363	2517197,941927	2517,213082
t 90	3,228978	290,580030	2545480,064870	2545,498931
t 91	3,228935	293,808697	2573763,187813	2573,784406
t 92	3,228893	297,037364	2602046,310756	2602,069508
t 93	3,228850	300,266031	2630329,433699	2630,354195
t 94	3,228808	303,494698	2658612,556642	2658,638512
t 95	3,228766	306,723365	2686895,679585	2686,922463
t 96	3,228724	309,952032	2715178,802528	2715,206005

Turbina Núm.	Kw por turbina y hora	Kw en dique por hora	Kw en dique al año	Mw en dique al año
t 97	3,228673	313,183697	2743489,183735	2743,489184
t 98	3,228632	316,412329	2771772,002367	2771,772002
t 99	3,228591	319,640920	2800054,462634	2800,054463
t 100	3,228546	322,869466	2828336,522055	2828,336522
t 101	3,228505	326,097971	2856618,227172	2856,618227
t 102	3,228465	329,326436	2884899,579794	2884,899580
t 103	3,228425	332,554861	2913180,581641	2913,180582
t 104	3,228385	335,783246	2941461,234323	2941,461234
t 105	3,228340	339,011586	2969741,495954	2969,741496
t 106	3,228301	342,239887	2998021,411386	2998,021411
t 107	3,228261	345,468149	3026300,981758	3026,300982
t 108	3,228227	348,696376	3054580,250992	3054,580251
t 109	3,228183	351,924559	3082859,133896	3082,859134
t 110	3,228149	355,152707	3111137,716792	3111,137717
t 111	3,228110	358,380817	3139415,957101	3139,415957
t 112	3,228071	361,608888	3167693,854870	3167,693855
t 113	3,228026	364,836914	3195971,366995	3195,971367
t 114	3,227987	368,064901	3224248,535745	3224,248536
t 115	3,227948	371,292849	3252525,360248	3252,525360
t 116	3,227909	374,520758	3280801,839308	3280,801839
t 117	3,227874	377,748632	3309078,014854	3309,078015
t 118	3,227834	380,976466	3337353,841779	3337,353842
t 119	3,227794	384,204260	3365629,317865	3365,629318
t 120	3,227759	387,432019	3393904,484849	3393,904485
t 121	3,227718	390,659737	3422179,295800	3422,179296
t 122	3,227682	393,887419	3450453,792496	3450,453792
t 123	3,227646	397,115065	3478727,972103	3478,727972
t 124	3,227599	400,342664	3507001,739412	3507,001739
t 125	3,227562	403,570226	3535275,182099	3535,275182
t 126	3,227524	406,797751	3563548,296400	3563,548296
t 127	3,227487	410,025237	3591821,078258	3591,821078
t 128	3,227443	413,252680	3620093,474840	3620,093475
t 129	3,227403	416,480083	3648365,529305	3648,365529
t 130	3,227358	419,707441	3676637,186676	3676,637187
t 131	3,227318	422,934759	3704908,490922	3704,908491
t 132	3,227271	426,162030	3733179,384739	3733,179385
t 133	3,227235	429,389265	3761449,965695	3761,449966
t 134	3,227193	432,616458	3789720,175930	3789,720176
t 135	3,227144	435,843602	3817989,954622	3817,989955
t 136	3,227100	439,070702	3846259,348543	3846,259349
t 137	3,227055	442,297757	3874528,350744	3874,528351
t 138	3,227010	445,524766	3902796,954042	3902,796954
t 139	3,226963	448,751730	3931065,151032	3931,065151
t 140	3,226916	451,978645	3959332,934105	3959,332934
t 141	3,226868	455,205513	3987600,295464	3987,600295
t 142	3,492575	458,698089	4018195,256815	4018,195257
t 143	3,360869	462,058957	4047636,466895	4047,636467



Comenzando el análisis por el extremo Oeste, la energía obtenida por turbina sería:

- Desde la ubicación 1, t1 hasta la ubicación 85, t85: 3,2286Kwh
- Desde t86 hasta t90: 3,2288 Kwh
- Desde t90 hasta t143: se produce un decrecimiento hasta 3,227Kwh

Como se ve, la variación energética de un punto a otro en la longitud del dique, es prácticamente nula; puede afirmarse que en lo que depende de la geometría, no hay diferencias energéticas.

## 5.2. ZONAS CRÍTICAS DEL PUERTO

Se van a diferenciar dos partes a lo largo de la segunda alineación del dique; la zona cercana al morro, donde la línea es prácticamente recta, y la parte curva del extremo Este.

### 5.2.1. ALTERNATIVA 2-A. UBICACIÓN PRÓXIMA AL MORRO

En las proximidades del dique, la zona más crítica es el extremo del morro, lindante con la bocana del puerto; aquí se sitúa la salida y entrada de barcos, dando lugar a perturbaciones más concentradas.

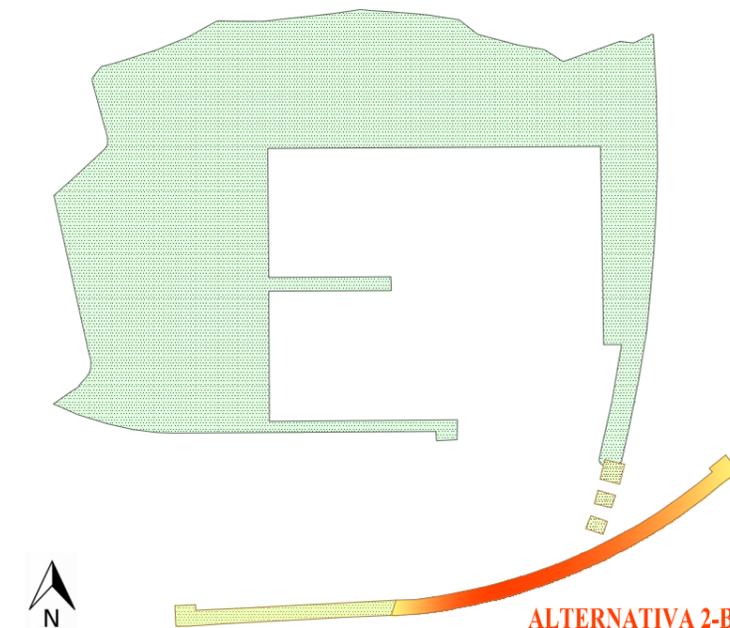
Cabría plantear entonces la posibilidad de inserción de la central undimotriz en las proximidades de la zona de bocana, pero esto sería una desventaja en la libre navegación de las embarcaciones.

Luego, ante igualdad de producción energética a lo largo de la línea de dique, se descarta ubicar celdas en las cercanías del morro.



### 5.2.2. ALTERNATIVA 2-B. UBICACIÓN EN EL TRAMO CURVO

Si, para evitar la proximidad a la bocana, se guarda una distancia de unos 200 m, puede plantearse aquí un nuevo origen para la inserción de la central. Se dispondría aún de unos 530 m de dique para la inserción de más de 100 celdas, que producirían la misma energía de situarse más al Oeste.





## 6. EXPOSICIÓN DE ALTERNATIVAS. FACTORES Y PESOS

Para la valoración de las alternativas utilizaremos un análisis multicriterio basándonos en factores tecnológicos, ambientales, económicos y sociales.

El peso de cada parámetro se nos dará en función de la importancia relativa que se le dé al factor.

### 6.1. PARÁMETROS A CONSIDERAR EN EL ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS

Se va a realizar un análisis que recoja en su conjunto los principales parámetros que de manera directa o indirecta nos influyen en la implantación y buen funcionamiento de la solución técnica a adoptar.

Los parámetros identificados son tales que valoran las características técnicas, las implicaciones ambientales, los costes y la repercusión social de cada una de las alternativas a analizar. De esta manera se reflejará de manera cualitativa las mejoras que se producirán en el puerto con la implantación de cada una de las alternativas analizadas.

#### Parámetros técnicos y de explotación

Costes iniciales, costes de explotación y mantenimiento, y producción.

- Costes Iniciales: Se considerará en este apartado los costes iniciales tanto de obra civil, como de equipos tecnológicos que se precisan en cada alternativa de proyecto.
- Costes de Explotación y Mantenimiento: en este apartado se considera de forma cualitativa la influencia de la implantación de la central propuesta sobre la dinámica del puerto de Tarifa.
- Producción: Se analiza la capacidad de conversión y obtención energética de la central.

#### Parámetros de afección ambiental

- Afección a las especies de la zona
- Posible impacto visual
- Impacto de ruidos
- Menor emisión de CO2

#### Parámetros socioeconómicos

- Menor dependencia de combustibles fósiles
- Avance en la investigación de energías

### 6.1.1. PESOS DE LOS FACTORES

Para poder establecer los pesos de los distintos factores nos basamos en los criterios anteriores. Los valores van del 1 al 6 es decir, de menor a mayor importancia, al factor más relevante se le proporciona el valor 6 y los restantes de manera cualitativa se les va asignando un valor cuantitativo, este método presenta el problema de la subjetividad pero de todas formas presenta un carácter formalista muy intuitivo y fácil para escoger una de las alternativas.

A cada parámetro se le asigna un valor en función de la importancia en el proyecto si es favorable se le asignará un valor alto y si es desfavorable se le asignará un valor bajo, de esta manera se encontrarán favorecidas con una mayor puntuación aquellas alternativas que presenten parámetros favorecedores de cada una de ellas.

Peso de los distintos parámetros:

Teniendo como precedente todo lo anterior, los pesos que se han asignado a cada uno de los parámetros son los siguientes:

Menores Costes Iniciales	2
Menores Costes de Explotación y Mantenimiento	1
Mejor Producción	6
Menor Afección a las especies de la zona	5
Menor Impacto visual	3
Menor Contaminación Acústica	3
Mayor Disminución de emisión de CO2	6
Menor dependencia de combustibles fósiles	5
Mayor Avance en la investigación de energías renovables	4



## 6.2. EXPOSICIÓN DE PARÁMETROS DE LAS ALTERNATIVAS

### ALTERNATIVA 1: CELDAS OWC CON TURBINAS WELLS DE 5 KW DE POTENCIA NOMINAL

- Costes Iniciales:
  - Obra Civil y Equipo tecnológico: Para 50 turbinas de 5 Kw de potencia nominal, el precio índice del Kw instalado sería de 11.404,7563 €/Kw
- Costes de Explotación y Mantenimiento:
  - Funcionamiento y Mantenimiento durante el primer año: Para 50 turbinas se calcula un coste de 111.815,138 €
- Producción:
  - La cantidad de Kw anuales: Para 50 turbinas sería de 613,2 Mw
- Afección a las especies de la zona:
  - Ninguna añadida a la afección del puerto.
- Impacto visual:
  - Ninguno añadido al impacto del dique.
- Contaminación acústica:
  - Se solucionaría con un sistema de atenuación incorporado en la parte superior de cada turbogenerador.
- Disminución de emisión de CO2:
  - Se evitaría la emisión de 600 toneladas de CO2 anuales.
- Menor dependencia de combustibles fósiles:
  - Dependencia 100% del oleaje
- Avance en la investigación de energías renovables
  - Control y Seguimiento para la mejora del sistema de conversión de oleaje, y contribución al avance y comercialización de esta fuente de energía.

### ALTERNATIVA 2-A: CELDAS U-OWC CON TURBINAS WELLS DE 8 KW DE POTENCIA NOMINAL, CERCA DEL MORRO

- Costes Iniciales:
  - Obra Civil y Equipo tecnológico: Para 50 turbinas de 8 Kw de potencia nominal, el precio índice del Kw instalado sería de 7.282,956 €/Kw

- Costes de Explotación y Mantenimiento:
  - Funcionamiento y Mantenimiento durante el primer año: Para 50 turbinas se calcula un coste de 111.815,138 €
- Producción:
  - La cantidad de Kw anuales: Para 50 turbinas sería de 1.414,740 Mw
  - Influencia negativa en la navegabilidad exterior.
- Afección a las especies de la zona:
  - Ninguna añadida a la afección del puerto.
- Impacto visual:
  - Ninguno añadido al impacto del dique.
- Contaminación acústica:
  - Se solucionaría con un sistema de atenuación incorporado en la parte superior de cada turbogenerador.
- Disminución de emisión de CO2:
  - Se evitaría la emisión de 1.400 toneladas de CO2 anuales.
- Menor dependencia de combustibles fósiles:
  - Dependencia 100% del oleaje
- Avance en la investigación de energías renovables
  - Control y Seguimiento para la mejora del sistema de conversión de oleaje, y contribución al avance y comercialización de esta fuente de energía.

### ALTERNATIVA 2-B: CELDAS U-OWC CON TURBINAS WELLS DE 8 KW DE POTENCIA NOMINAL, A 200 M DEL MORRO DEL DIQUE

- Costes Iniciales:
  - Obra Civil y Equipo tecnológico: Para 50 turbinas de 8 Kw de potencia nominal, el precio índice del Kw instalado sería de 7.282,956 €/Kw
- Costes de Explotación y Mantenimiento:
  - Funcionamiento y Mantenimiento durante el primer año: Para 50 turbinas se calcula un coste de 111.815,138 €
- Producción:
  - La cantidad de Kw anuales: Para 50 turbinas sería de 1.414,740 Mw
  - No Influencia en la navegabilidad exterior.



- Afección a las especies de la zona:
  - Ninguna añadida a la afección del puerto.
- Impacto visual:
  - Ninguno añadido al impacto del dique.
- Contaminación acústica:
  - Se solucionaría con un sistema de atenuación incorporado en la parte superior de cada turbogenerador.
- Disminución de emisión de CO2:
  - Se evitaría la emisión de 1.400 toneladas de CO2 anuales.
- Menor dependencia de combustibles fósiles:
  - Dependencia 100% del oleaje
- Avance en la investigación de energías renovables
  - Control y Seguimiento para la mejora del sistema de conversión de oleaje, y contribución al avance y comercialización de esta fuente de energía.

	Alternativa 1	Alternativa 2	
		Alternativa 2-A	Alternativa 2-B
Menores Costes Iniciales	1	3	4
Menores Costes de Explotación y Mantenimiento	2	2	2
Mejor Producción	2	3	4
Menor Afección a las especies de la zona	2	2	2
Menor Impacto visual	2	2	2
Menor Contaminación Acústica	2	2	2
Mayor Disminución de emisión de CO2	3	4	4
Menor dependencia de combustibles fósiles	3	4	4
Mayor Avance en la investigación de energías renovables	2	3	3

### 5.2.1. VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SEGÚN PARÁMETROS

Los valores obtenidos de los parámetros sin considerar el peso de cada uno de ellos son los siguientes con valores comprendidos entre 1 y 4, valorando con 1 la alternativa menos favorable y con 4 la más favorable. Podrán valorarse varias alternativas con el mismo valor.

El resultado de aplicar los pesos a la tabla anterior nos proporciona el resultado final, es decir, nos permite escoger aquella alternativa que de forma global nos presente las mayores ventajas:



**VALORACIÓN PONDERADA DE LAS ALTERNATIVAS**

	Alternativa 1	Alternativa 2	
		Alternativa 2-A	Alterativa 2-B
Menores Costes Iniciales	2	6	8
Menores Costes de Explotación y Mantenimiento	2	2	2
Mejor Producción	12	18	24
Menor Afección a las especies de la zona	10	10	10
Menor Impacto visual	6	6	6
Menor Contaminación Acústica	6	6	6
Mayor Disminución de emisión de CO2	18	24	24
Menor dependencia de combustibles fósiles	15	20	20
Mayor Avance en la investigación de energías renovables	8	12	12
<b>TOTAL</b>	<b>79</b>	<b>104</b>	<b>112</b>

Como conclusión del estudio de alternativas y a la vista de la valoración ponderada de cada una de ellas se opta por la propuesta de la Alternativa 2-B, que ofrece mayor rendimiento y a su vez implica menos afecciones a la funcionalidad del puerto.



## 0.6. VIABILIDAD: ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO





## VIABILIDAD. ESTUDIO ECONÓMICO- FINANCIERO: ÍNDICE

<b>CAPTACIÓN U-OWC Y TURBINA WELLS .....</b>	<b>3</b>
<b>SELECCIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA PLANTA: NÚMERO DE CELDAS .....</b>	<b>3</b>
<b>1. COSTES INICIALES. OBRA CIVIL.....</b>	<b>3</b>
<b>2. COSTES INICIALES. TECNOLOGÍA .....</b>	<b>3</b>
2.1. OTROS COSTES TECNOLÓGICOS .....	3
<b>3. RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE CELDAS Y LA INVERSIÓN INICIAL .....</b>	<b>4</b>
3.1. PRECIOS ÍNDICE DE INSTALACIÓN .....	4
<b>4. COSTES DE EXPLOTACIÓN ANUALES.....</b>	<b>4</b>
4.1. FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO .....	4
4.2. GASTOS DE IMPUESTOS.....	5
<b>5. COSTES DE AMORTIZACIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>6. INGRESOS.....</b>	<b>5</b>
6.1. REMUNERACIÓN SEGÚN EL RD 661/2007 .....	5
6.2. SUBVENCIONES DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA Y DEL FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL .....	5
<b>7. RESULTADOS FINANCIEROS .....</b>	<b>5</b>
<b>8. INDICADORES DE RENTABILIDAD .....</b>	<b>9</b>
8.1. RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE UNIDADES Y EL BENEFICIO DE LA PLANTA.....	10
8.2. RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE TURBINAS Y LA TIR .....	10
8.3. RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE TURBINAS Y EL VAN.....	10
8.4. RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE TURBINAS Y EL PAY-BACK.....	11
<b>9. CONCLUSIONES .....</b>	<b>12</b>



## CAPTACIÓN U-OWC Y TURBINA WELLS

### SELECCIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA PLANTA: NÚMERO DE CELDAS

Para la elección de las dimensiones de la planta, primero hay que tener presente:

- La energía disponible a lo largo de la línea del dique, es la misma en cada punto (3,23Kw en una hora)
- La ubicación de las celdas se situará al menos a 200 m del morro del dique, situación con menos perturbaciones.

Luego, el número de celdas que integren la planta undimotriz, va a depender, teniendo en cuenta los aproximadamente 500m disponibles en el dique, de los resultados del estudio financiero que contemple la rentabilidad del proyecto en función de sus dimensiones.

Hay un espacio para un máximo de 106 turbinas, por lo que se han tomado a estudio 100 unidades.

### 1. COSTES INICIALES. OBRA CIVIL

Tomando como referencia la planta de oleaje en Mutriku, se realiza una estima de los costes por cámara.

En Mutriku, los costes de obra exclusivamente de la central, para la creación de 16 cámaras de 5 m de ancho, ascendieron a un total de 3.951.566,36 € (siendo el 2,7% la parte correspondiente a Servicios), que significa un coste de obra de 246.973 € por cámara, en el año 2006.

Considerando el IPC, se obtendría un coste actualizado de **285.475 € por cámara: 6200€ en Servicios, y 279.275 en estructura, que a su vez pertenece a la estructura del dique.**

## 2. COSTES INICIALES. TECNOLOGÍA

### SEGÚN LA POTENCIA DEL DISPOSITIVO

Los costes iniciales (CI) del convertidor de energía de las olas hacen referencia a la compra del dispositivo al fabricante. La cifra debe incluir los costes de todos los componentes internos.

Para el aprovechamiento óptimo de la energía disponible, serían adecuadas turbinas de 8KW de potencia nominal, y puede estimarse, un coste de **79.723€/unidad.**

### SEGÚN MÚLTIPLES DISPOSITIVOS

El coste de adquisición de múltiples dispositivos suele ser menor que si se compra un solo dispositivo debido a los descuentos que aplica el fabricante para fomentar la compra múltiple.

El descuento se basa en una suma acumulativa de la reducción factorial del precio.

Finalmente, se estima que el coste de cada unidad adicional, responde a la función:

$$\text{Coste/Unidad} = 79723 * \text{Núm.Unidad}^{-0,152}$$

### 2.1. OTROS COSTES TECNOLÓGICOS

El resto de los costes iniciales en tecnología del proyecto pueden recopilarse calculándose como un porcentaje de los CI, del convertidor de energía de las olas.

Los porcentajes dependerán del tipo y dimensiones de convertidor. Por esta razón, resulta más fiable la referencia de la planta de Mutriku:

- Con un coste en tecnología de 2,3 millones de €.
- Grupo formado por 16 turbinas de 18,5 Kw de potencia nominal.
- El coste inicial de la unidad de turbina ascendería a 161.980 €



- Aplicando un coeficiente de descuento por unidad del 0,90 , el coste total de las 16 turbinas sería de 1.905.205 €.
- Luego, el presupuesto empleado en costes iniciales, adicionales a los convertidores, asciende a 349.800 €.
- Esta cantidad de costes iniciales adicionales, representa un 13,5% del coste que habrían tenido los convertidores sin aplicarles descuento (2.591.675 €), y un 18,36% respecto del coste de las turbinas.

En el caso de este proyecto, el coste que tendría cada turbina, sin ser aplicado descuento alguno, sería de 79.722,9 €.

El 18,36% de esta cifra es **14.637 €**, que serían los costes iniciales que se añadirían al coste del primer equipo.

### 3. RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE CELDAS Y LA INVERSIÓN INICIAL

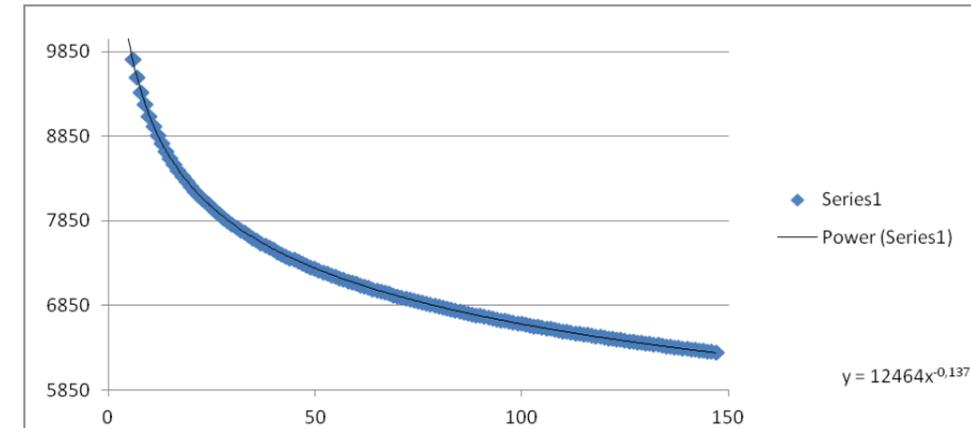
La obra civil tendría la doble funcionalidad de ser parte del dique, como la de ubicar a las turbinas; por lo que los costes que van a tenerse en cuenta respecto a la central, serán únicamente aquellos que repercutan exclusivamente en la planta undimotriz.

Los costes tecnológicos, tienen la ventaja de un descuento por parte del fabricante, al adquirir varios equipos. Esto hace que la ley de costes iniciales, en función del número de celdas, presente un crecimiento cada vez menor.

A su vez, hay que considerar las características de este proyecto singular, con lo que se contaría con ciertas subvenciones de apoyo.

### 3.1. PRECIOS ÍNDICE DE INSTALACIÓN

Responden a la relación la relación decreciente de  $y = 12464x^{-0,137}$  (€/Kw)



Que, por ejemplo,

- para 15 unidades de turbinas daría por resultado 8.589,923 €/Kw
- para 35 unidades de turbinas daría 7.645,534 €/Kw
- para 50 unidades de turbinas 7.282,956 €/Kw
- para 100 unidades de turbinas 6.632,952€/Kw

### 4. COSTES DE EXPLOTACIÓN ANUALES

Los costes de explotación incluyen lo siguiente:

#### 4.1. FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO

Los costes anuales de funcionamiento y mantenimiento, se representan en €/MWh, o como porcentaje de los CI



Puede realizarse para este proyecto una estima del 3% , ascendiendo a **2.830 € por la primera unidad de turbina.**

A su vez, el incremento del coste anual, puede estimarse en un 2%; y el decremento de gastos por unidad adicional, puede considerarse también de un 1%.

#### 4.2. GASTOS DE IMPUESTOS

Como tarifas del Impuesto de Sociedades, se asume un 25 % del beneficio anual obtenido en la planta.

#### 5. COSTES DE AMORTIZACIÓN

Los elementos electromecánicos que componen una planta de oleaje sufren un desgaste mayor si se compara con el desgaste de la obra civil requerida. Es por ello por lo que se diferencian las amortizaciones de las instalaciones electromecánicas de las de la obra civil (servicios):

- Se han considerado 20 años como periodo de amortización para la obra civil que incumbe directamente a la central. Esto son los costes de Servicios de obra civil, exclusivamente para esta instalación; el resto de obra civil (cajones), se considera dentro del presupuesto del proyecto de ampliación del dique.
- Se han considerado 15 años como periodo de amortización de los equipos (costes de turbinas + otros costes de tecnología).

#### 6. INGRESOS

##### 6.1. REMUNERACIÓN SEGÚN EL RD 661/2007

En España, el precio de venta de las energías renovables viene marcado por el **Real Decreto 661/2007**; ha sufrido varias modificaciones, la última en Febrero de 2013: **Real Decreto-ley 2/2013**.

Esta modalidad de obtención de energía, se clasifica en el Decreto dentro del Grupo b.3.

#### 6.2. SUBVENCIONES DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA Y DEL FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL

El programa de subvenciones para el desarrollo energético sostenible de Andalucía, "Andalucía A+", está cofinanciado por fondos propios de la Junta de Andalucía y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

Según esto, considerando la empresa promotora del proyecto Puertos del Estado, y considerando como cliente una de las grandes eléctricas del país, se van a tomar los criterios más restrictivos para el cálculo de la correspondiente cuantía de subvención.

Sería ésta de un 60% del total de los Costes Iniciales (obra civil y tecnología), y según se deduce de la aclaración realizada en las categorías, se entiende que el 100% de los costes de funcionamiento y mantenimiento podrían ser financiados, por tratarse a su vez de un proyecto experimental que estudiará la mejora de explotación de esta fuente renovable.

#### 7. RESULTADOS FINANCIEROS

Para la financiación del proyecto se va a considerar que se dispone de un 75 % de los recursos propios, y que el 25 % restante sería financiado mediante un préstamo bancario a largo plazo.

Las condiciones del préstamo atenderían a un interés medio del 4.55 % en cuotas anuales durante 10 años.



### FINANCIEROS t1

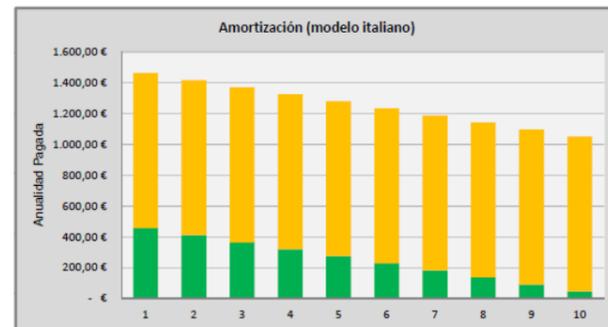
NECESIDADES DE FINANCIACIÓN		
Inversión Total	40%	40.223,82 €
Recurso Propios	75%	30.167,86 €
Recursos Ajenos	25%	10.055,95 €

Se trata de un contrato privado a negociar, y por tanto dependerá de nuestra posición de fuerza para conseguir mejores condiciones.

CONDICIONES DEL PRÉSTAMO		OTROS ASPECTOS	
Principal	10.055,95 €	Cuota anual	
Duración (años)	10,00		
Tipo interés (%)	4,55%		
Comisión apertura	0,75%	75,42 €	Estos costes se suman a los financieros del primer año
Gastos Tramitación		1.000,00 €	
Comisión Cancelación Parcial		0,00%	
Comisión cancelación total		0,00%	

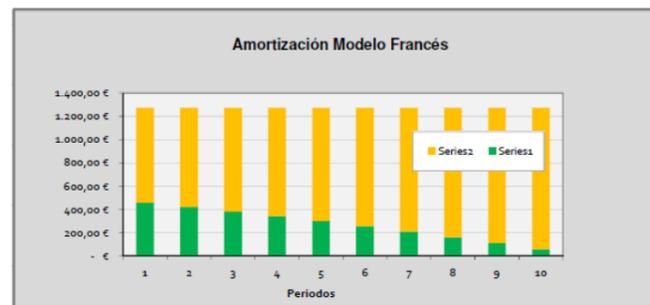
Amortización Modelo Italiano: la amortización del principal es constante

CUADRO DE AMORTIZACIONES					
Año	Anualidad	C. Intereses	C. Amortización	Cap. Vivo	Cap. Amortizado
0				10.055,95 €	
1	1.463,14 €	457,55 €	1.005,60 €	9.050,36 €	1.005,60 €
2	1.417,39 €	411,79 €	1.005,60 €	8.044,76 €	2.011,19 €
3	1.371,63 €	366,04 €	1.005,60 €	7.039,17 €	3.016,79 €
4	1.325,88 €	320,28 €	1.005,60 €	6.033,57 €	4.022,38 €
5	1.280,12 €	274,53 €	1.005,60 €	5.027,98 €	5.027,98 €
6	1.234,37 €	228,77 €	1.005,60 €	4.022,38 €	6.033,57 €
7	1.188,61 €	183,02 €	1.005,60 €	3.016,79 €	7.039,17 €
8	1.142,86 €	137,26 €	1.005,60 €	2.011,19 €	8.044,76 €
9	1.097,10 €	91,51 €	1.005,60 €	1.005,60 €	9.050,36 €
10	1.051,35 €	45,75 €	1.005,60 €	- €	10.055,95 €



Amortización Modelo Francés: la cuota pagada es constante en el tiempo

CUADRO DE AMORTIZACIONES					
Año	Anualidad	C. Intereses	C. Amortización	Cap. Vivo	Cap. Amortizado
0				10.055,95 €	
1	1.273,99 €	457,55 €	816,44 €	9.239,51 €	816,44 €
2	1.273,99 €	420,40 €	853,59 €	8.385,93 €	1.670,03 €
3	1.273,99 €	381,56 €	892,43 €	7.493,50 €	2.562,45 €
4	1.273,99 €	340,95 €	933,03 €	6.560,47 €	3.495,49 €
5	1.273,99 €	298,50 €	975,48 €	5.584,98 €	4.470,97 €
6	1.273,99 €	254,12 €	1.019,87 €	4.565,11 €	5.490,84 €
7	1.273,99 €	207,71 €	1.066,27 €	3.498,84 €	6.557,11 €
8	1.273,99 €	159,20 €	1.114,79 €	2.384,05 €	7.671,90 €
9	1.273,99 €	108,47 €	1.165,51 €	1.218,54 €	8.837,41 €
10	1.273,99 €	55,44 €	1.218,54 €	0,00 €	10.055,95 €



### FINANCIEROS t10

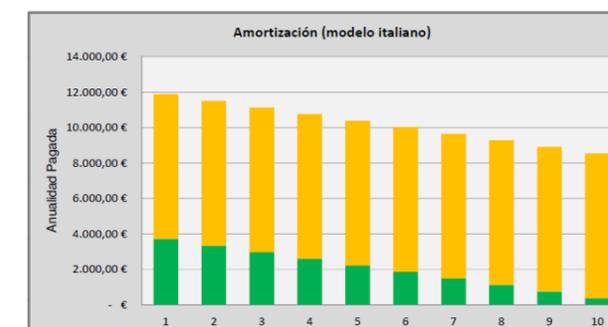
NECESIDADES DE FINANCIACIÓN		
Inversión Total	40%	326.541,58 €
Recurso Propios	75%	244.906,19 €
Recursos Ajenos	25%	81.635,40 €

Se trata de un contrato privado a negociar, y por tanto dependerá de nuestra posición de fuerza para conseguir mejores condiciones.

CONDICIONES DEL PRÉSTAMO		OTROS ASPECTOS	
Principal	81.635,40 €	Cuota anual	
Duración (años)	10,00		
Tipo interés (%)	4,55%		
Comisión apertura	0,75%	612,27 €	Estos costes se suman a los financieros del primer año
Gastos Tramitación		1.000,00 €	
Comisión Cancelación Parcial		0,00%	
Comisión cancelación total		0,00%	

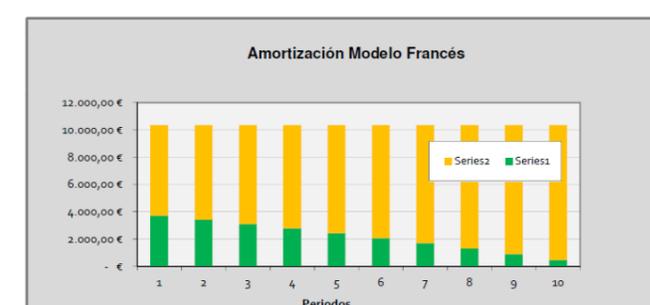
Amortización Modelo Italiano: la amortización del principal es constante

CUADRO DE AMORTIZACIONES					
Año	Anualidad	C. Intereses	C. Amortización	Cap. Vivo	Cap. Amortizado
0				81.635,40 €	
1	11.877,95 €	3.714,41 €	8.163,54 €	73.471,86 €	8.163,54 €
2	11.506,51 €	3.342,97 €	8.163,54 €	65.308,32 €	16.327,08 €
3	11.135,07 €	2.971,53 €	8.163,54 €	57.144,78 €	24.490,62 €
4	10.763,63 €	2.600,09 €	8.163,54 €	48.981,24 €	32.654,16 €
5	10.392,19 €	2.228,65 €	8.163,54 €	40.817,70 €	40.817,70 €
6	10.020,74 €	1.857,21 €	8.163,54 €	32.654,16 €	48.981,24 €
7	9.649,30 €	1.485,76 €	8.163,54 €	24.490,62 €	57.144,78 €
8	9.277,86 €	1.114,32 €	8.163,54 €	16.327,08 €	65.308,32 €
9	8.906,42 €	742,88 €	8.163,54 €	8.163,54 €	73.471,86 €
10	8.534,98 €	371,44 €	8.163,54 €	0,00 €	81.635,40 €



Amortización Modelo Francés: la cuota pagada es constante en el tiempo

CUADRO DE AMORTIZACIONES					
Año	Anualidad	C. Intereses	C. Amortización	Cap. Vivo	Cap. Amortizado
0				81.635,40 €	
1	10.342,36 €	3.714,41 €	6.627,95 €	75.007,44 €	6.627,95 €
2	10.342,36 €	3.412,84 €	6.929,53 €	68.077,92 €	13.557,48 €
3	10.342,36 €	3.097,55 €	7.244,82 €	60.833,10 €	20.802,30 €
4	10.342,36 €	2.767,91 €	7.574,46 €	53.258,64 €	28.376,75 €
5	10.342,36 €	2.423,27 €	7.919,10 €	45.339,55 €	36.295,85 €
6	10.342,36 €	2.062,95 €	8.279,41 €	37.060,13 €	44.575,26 €
7	10.342,36 €	1.686,24 €	8.656,13 €	28.404,00 €	53.231,39 €
8	10.342,36 €	1.292,38 €	9.049,98 €	19.354,02 €	62.281,37 €
9	10.342,36 €	880,61 €	9.461,76 €	9.892,27 €	71.743,13 €
10	10.342,36 €	450,10 €	9.892,27 €	0,00 €	81.635,40 €





**FINANCIEROS t25**

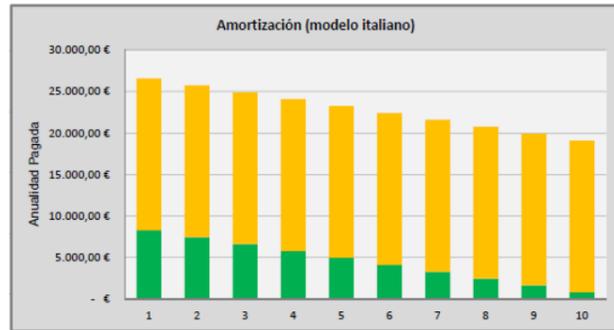
NECESIDADES DE FINANCIACIÓN		
Inversión Total	40%	730.562,92 €
Recurso Propios	75%	547.922,19 €
Recursos Ajenos	25%	182.640,73 €

Se trata de un contrato privado a negociar, y por tanto dependerá de nuestra posición de fuerza para conseguir mejores condiciones.

CONDICIONES DEL PRÉSTAMO		OTROS ASPECTOS	
Principal	182.640,73 €	Cuota anual	
Duración (años)	10,00		
Tipo interés (%)	4,55%		
Comisión apertura	0,75%	1.369,81 €	Estos costes se suman a los financieros del primer año
Gastos Tramitación		1.000,00 €	
Comisión Cancelación Parcial		0,00%	
Comisión cancelación total		0,00%	

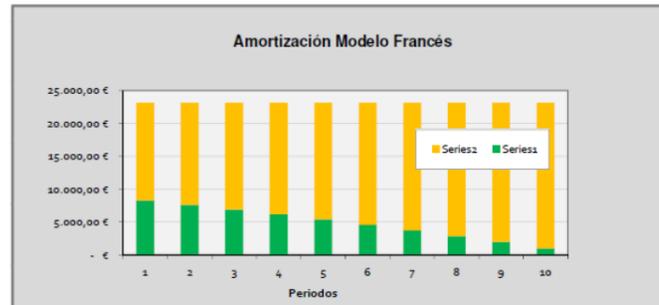
Amortización Modelo Italiano: la amortización del principal es constante

CUADRO DE AMORTIZACIONES					
Año	Anualidad	C. Intereses	C. Amortización	Cap. Vivo	Cap. Amortizado
0				182.640,73 €	
1	26.574,23 €	8.310,15 €	18.264,07 €	164.376,66 €	18.264,07 €
2	25.743,21 €	7.479,14 €	18.264,07 €	146.112,58 €	36.528,15 €
3	24.912,20 €	6.648,12 €	18.264,07 €	127.848,51 €	54.792,22 €
4	24.081,18 €	5.817,11 €	18.264,07 €	109.584,44 €	73.056,29 €
5	23.250,16 €	4.986,09 €	18.264,07 €	91.320,36 €	91.320,36 €
6	22.419,15 €	4.155,08 €	18.264,07 €	73.056,29 €	109.584,44 €
7	21.588,13 €	3.324,06 €	18.264,07 €	54.792,22 €	127.848,51 €
8	20.757,12 €	2.493,05 €	18.264,07 €	36.528,15 €	146.112,58 €
9	19.926,10 €	1.662,03 €	18.264,07 €	18.264,07 €	164.376,66 €
10	19.095,09 €	831,02 €	18.264,07 €	0,00 €	182.640,73 €



Amortización Modelo Francés: la cuota pagada es constante en el tiempo

CUADRO DE AMORTIZACIONES					
Año	Anualidad	C. Intereses	C. Amortización	Cap. Vivo	Cap. Amortizado
0				182.640,73 €	
1	23.138,70 €	8.310,15 €	14.828,55 €	167.812,18 €	14.828,55 €
2	23.138,70 €	7.635,45 €	15.503,24 €	152.308,94 €	30.331,79 €
3	23.138,70 €	6.930,06 €	16.208,64 €	136.100,30 €	46.540,43 €
4	23.138,70 €	6.192,56 €	16.946,14 €	119.154,16 €	63.486,57 €
5	23.138,70 €	5.421,51 €	17.717,18 €	101.436,98 €	81.203,75 €
6	23.138,70 €	4.615,38 €	18.523,32 €	82.913,66 €	99.727,07 €
7	23.138,70 €	3.772,37 €	19.366,33 €	63.547,33 €	119.093,20 €
8	23.138,70 €	2.891,41 €	20.247,29 €	43.300,24 €	139.340,48 €
9	23.138,70 €	1.970,16 €	21.168,54 €	22.131,71 €	160.509,02 €
10	23.138,70 €	1.006,99 €	22.131,71 €	0,00 €	182.640,73 €



**FINANCIEROS t50**

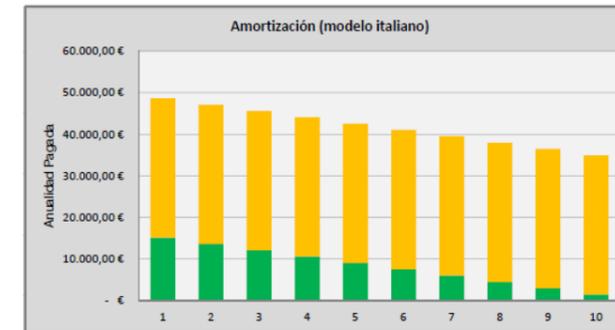
NECESIDADES DE FINANCIACIÓN		
Inversión Total	40%	1.337.155,22 €
Recurso Propios	75%	1.002.866,42 €
Recursos Ajenos	25%	334.288,81 €

Se trata de un contrato privado a negociar, y por tanto dependerá de nuestra posición de fuerza para conseguir mejores condiciones.

CONDICIONES DEL PRÉSTAMO		OTROS ASPECTOS	
Principal	334.288,81 €	Cuota anual	
Duración (años)	10,00		
Tipo interés (%)	4,55%		
Comisión apertura	0,75%	2.507,17 €	Estos costes se suman a los financieros del primer año
Gastos Tramitación		1.000,00 €	
Comisión Cancelación Parcial		0,00%	
Comisión cancelación total		0,00%	

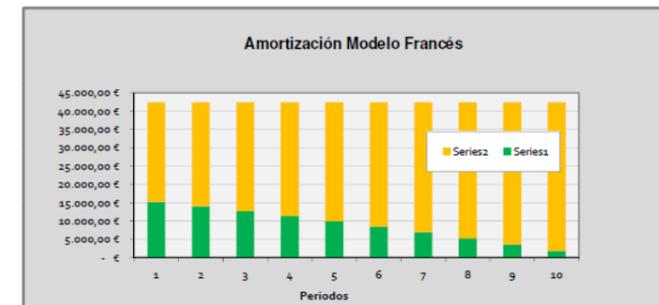
Amortización Modelo Italiano: la amortización del principal es constante

CUADRO DE AMORTIZACIONES					
Año	Anualidad	C. Intereses	C. Amortización	Cap. Vivo	Cap. Amortizado
0				334.288,81 €	
1	48.639,02 €	15.210,14 €	33.428,88 €	300.859,93 €	33.428,88 €
2	47.118,01 €	13.689,13 €	33.428,88 €	267.431,04 €	66.857,76 €
3	45.596,99 €	12.168,11 €	33.428,88 €	234.002,16 €	100.286,64 €
4	44.075,98 €	10.647,10 €	33.428,88 €	200.573,28 €	133.715,52 €
5	42.554,97 €	9.126,08 €	33.428,88 €	167.144,40 €	167.144,40 €
6	41.033,95 €	7.605,07 €	33.428,88 €	133.715,52 €	200.573,28 €
7	39.512,94 €	6.084,06 €	33.428,88 €	100.286,64 €	234.002,16 €
8	37.991,92 €	4.563,04 €	33.428,88 €	66.857,76 €	267.431,04 €
9	36.470,91 €	3.042,03 €	33.428,88 €	33.428,88 €	300.859,93 €
10	34.949,89 €	1.521,01 €	33.428,88 €	0,00 €	334.288,81 €



Amortización Modelo Francés: la cuota pagada es constante en el tiempo

CUADRO DE AMORTIZACIONES					
Año	Anualidad	C. Intereses	C. Amortización	Cap. Vivo	Cap. Amortizado
0				334.288,81 €	
1	42.350,95 €	15.210,14 €	27.140,81 €	307.148,00 €	27.140,81 €
2	42.350,95 €	13.975,23 €	28.375,71 €	278.772,28 €	55.516,52 €
3	42.350,95 €	12.684,14 €	29.666,81 €	249.105,47 €	85.183,33 €
4	42.350,95 €	11.334,30 €	31.016,65 €	218.088,82 €	116.199,98 €
5	42.350,95 €	9.931,04 €	32.427,91 €	185.660,92 €	148.627,89 €
6	42.350,95 €	8.477,57 €	33.903,38 €	151.757,54 €	182.531,26 €
7	42.350,95 €	6.904,97 €	35.445,98 €	116.311,56 €	217.977,25 €
8	42.350,95 €	5.292,18 €	37.058,77 €	79.252,79 €	255.036,02 €
9	42.350,95 €	3.606,00 €	38.744,95 €	40.507,84 €	293.780,96 €
10	42.350,95 €	1.843,11 €	40.507,84 €	0,00 €	334.288,81 €





### FINANCIEROS t75

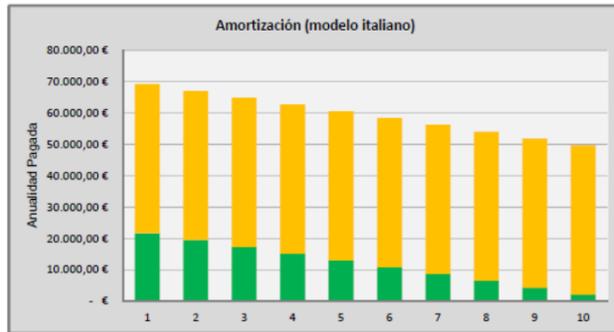
NECESIDADES DE FINANCIACIÓN		
Inversión Total	40%	1.902.403,62 €
Recurso Propios	75%	1.426.802,71 €
Recursos Ajenos	25%	475.600,90 €

Se trata de un contrato privado a negociar, y por tanto dependerá de nuestra posición de fuerza para conseguir mejores condiciones.

CONDICIONES DEL PRÉSTAMO		OTROS ASPECTOS	
Principal	475.600,90 €	Cuota anual	
Duración (años)	10,00		
Tipo interés (%)	4,55%		
Comisión apertura	0,75%	3.567,01 €	Estos costes se suman a los financieros del primer año
Gastos Tramitación		1.000,00 €	
Comisión Cancelación Parcial		0,00%	
Comisión cancelación total		0,00%	

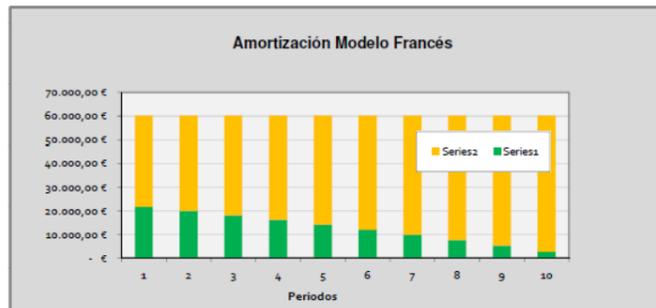
Amortización Modelo Italiano: la amortización del principal es constante

CUADRO DE AMORTIZACIONES					
Año	Anualidad	C. Intereses	C. Amortización	Cap. Vivo	Cap. Amortizado
0				475.600,90 €	
1	69.199,93 €	21.639,84 €	47.560,09 €	428.040,81 €	47.560,09 €
2	67.035,95 €	19.475,86 €	47.560,09 €	380.480,72 €	95.120,18 €
3	64.871,96 €	17.311,87 €	47.560,09 €	332.920,63 €	142.680,27 €
4	62.707,98 €	15.147,89 €	47.560,09 €	285.360,54 €	190.240,36 €
5	60.544,00 €	12.983,90 €	47.560,09 €	237.800,45 €	237.800,45 €
6	58.380,01 €	10.819,92 €	47.560,09 €	190.240,36 €	285.360,54 €
7	56.216,03 €	8.655,94 €	47.560,09 €	142.680,27 €	332.920,63 €
8	54.052,04 €	6.491,95 €	47.560,09 €	95.120,18 €	380.480,72 €
9	51.888,06 €	4.327,97 €	47.560,09 €	47.560,09 €	428.040,81 €
10	49.724,07 €	2.163,98 €	47.560,09 €	0,00 €	475.600,90 €



Amortización Modelo Francés: la cuota pagada es constante en el tiempo

CUADRO DE AMORTIZACIONES					
Año	Anualidad	C. Intereses	C. Amortización	Cap. Vivo	Cap. Amortizado
0				475.600,90 €	
1	60.253,74 €	21.639,84 €	38.613,89 €	436.987,01 €	38.613,89 €
2	60.253,74 €	19.882,91 €	40.370,83 €	396.616,18 €	78.984,72 €
3	60.253,74 €	18.046,04 €	42.207,70 €	354.408,48 €	121.192,42 €
4	60.253,74 €	16.125,39 €	44.128,15 €	310.280,33 €	165.320,57 €
5	60.253,74 €	14.117,76 €	46.135,98 €	264.144,35 €	211.456,55 €
6	60.253,74 €	12.018,57 €	48.235,17 €	215.909,19 €	259.691,72 €
7	60.253,74 €	9.823,87 €	50.429,87 €	165.479,32 €	310.121,59 €
8	60.253,74 €	7.529,31 €	52.724,43 €	112.754,89 €	362.846,01 €
9	60.253,74 €	5.130,35 €	55.123,39 €	57.631,50 €	417.969,40 €
10	60.253,74 €	2.622,23 €	57.631,50 €	0,00 €	475.600,90 €



### FINANCIEROS t100

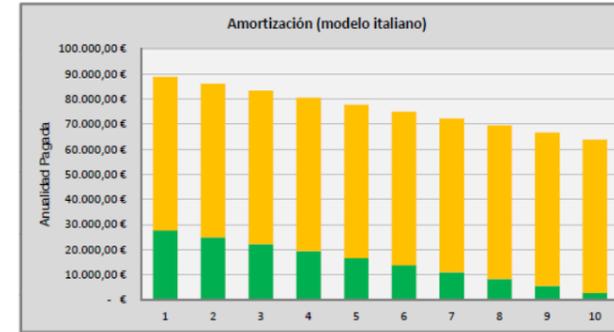
NECESIDADES DE FINANCIACIÓN		
Inversión Total	40%	2.442.452,61 €
Recurso Propios	75%	1.831.839,46 €
Recursos Ajenos	25%	610.613,15 €

Se trata de un contrato privado a negociar, y por tanto dependerá de nuestra posición de fuerza para conseguir mejores condiciones.

CONDICIONES DEL PRÉSTAMO		OTROS ASPECTOS	
Principal	610.613,15 €	Cuota anual	
Duración (años)	10,00		
Tipo interés (%)	4,55%		
Comisión apertura	0,75%	4.579,60 €	Estos costes se suman a los financieros del primer año
Gastos Tramitación		1.000,00 €	
Comisión Cancelación Parcial		0,00%	
Comisión cancelación total		0,00%	

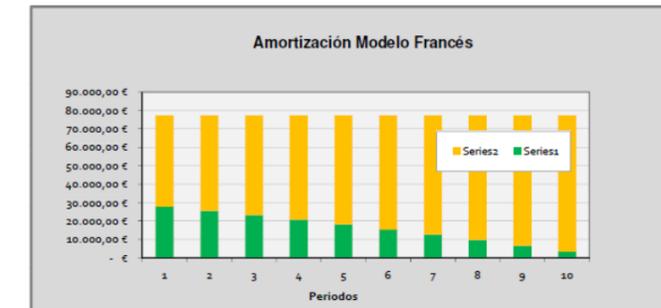
Amortización Modelo Italiano: la amortización del principal es constante

CUADRO DE AMORTIZACIONES					
Año	Anualidad	C. Intereses	C. Amortización	Cap. Vivo	Cap. Amortizado
0				610.613,15 €	
1	88.844,21 €	27.782,90 €	61.061,32 €	549.551,84 €	61.061,32 €
2	86.065,92 €	25.004,61 €	61.061,32 €	488.490,52 €	122.122,63 €
3	83.287,63 €	22.226,32 €	61.061,32 €	427.429,21 €	183.183,95 €
4	80.509,34 €	19.448,03 €	61.061,32 €	366.367,89 €	244.245,26 €
5	77.731,05 €	16.669,74 €	61.061,32 €	305.306,58 €	305.306,58 €
6	74.952,76 €	13.891,45 €	61.061,32 €	244.245,26 €	366.367,89 €
7	72.174,47 €	11.113,16 €	61.061,32 €	183.183,95 €	427.429,21 €
8	69.396,18 €	8.334,87 €	61.061,32 €	122.122,63 €	488.490,52 €
9	66.617,89 €	5.556,58 €	61.061,32 €	61.061,32 €	549.551,84 €
10	63.839,61 €	2.778,29 €	61.061,32 €	0,00 €	610.613,15 €



Amortización Modelo Francés: la cuota pagada es constante en el tiempo

CUADRO DE AMORTIZACIONES					
Año	Anualidad	C. Intereses	C. Amortización	Cap. Vivo	Cap. Amortizado
0				610.613,15 €	
1	77.358,40 €	27.782,90 €	49.575,50 €	561.037,65 €	49.575,50 €
2	77.358,40 €	25.527,21 €	51.831,18 €	509.206,47 €	101.406,68 €
3	77.358,40 €	23.168,89 €	54.189,50 €	455.016,97 €	155.596,18 €
4	77.358,40 €	20.703,27 €	56.655,12 €	398.361,84 €	212.251,31 €
5	77.358,40 €	18.125,46 €	59.232,93 €	339.128,91 €	271.484,24 €
6	77.358,40 €	15.430,37 €	61.928,03 €	277.200,88 €	333.412,27 €
7	77.358,40 €	12.612,64 €	64.745,76 €	212.455,12 €	398.158,03 €
8	77.358,40 €	9.666,71 €	67.691,69 €	144.763,43 €	465.849,72 €
9	77.358,40 €	6.598,74 €	70.771,66 €	73.991,77 €	536.621,38 €
10	77.358,40 €	3.366,63 €	73.991,77 €	0,00 €	610.613,15 €





## 8. INDICADORES DE RENTABILIDAD

Para determinar la rentabilidad de la inversión se recurre a los indicadores de rentabilidad más comunes:

### PERIODO DE RECUPERACIÓN DEL CAPITAL O PAY-BACK:

Este parámetro es estático, es decir, no considera la variación del valor del dinero en el tiempo. Es un criterio incompleto, pues indica el tiempo necesario para recuperar la inversión pero no aporta nada sobre lo que sucede después y, por lo tanto, dos inversiones son iguales si hasta ese momento se han comportado igual, sin ver más allá de ese momento.

### VAN:

Se define como el “Valor Actual Neto”; es la diferencia entre el valor actual y su desembolso inicial:

$$VAN = -A + \sum \frac{Q_i}{(1+r)^i}$$

$A$ : desembolso inicial

$Q_i$ : Flujos de caja generados cada año

$r$ : Tasa de rentabilidad, rentabilidad exigible a un proyecto. El cálculo de esta tasa suele ser complicado, ya que es difícil establecer la prima de riesgo, para estimarla se utiliza como medida el coste medio ponderado del capital, que es la suma ponderada del coste de la deuda de la empresa y el coste de los fondos propios, para estimar el coste de los fondos propios se utiliza como indicador la correlación entre la cotización del valor y el mercado. La inversión será aceptada si el VAN es mayor o igual que 0.

### TIR:

La Tasa Interna de Rentabilidad, tasa de retorno, o tipo de rendimiento interno, se define como el tipo de descuento “ $r$ ”, que hace que su valor actual neto sea igual a cero. Una inversión será aceptada, si “ $r$ ” es mayor o igual que la tasa de rentabilidad exigida:

$$-A + \sum \frac{Q_i}{(1+r)^i} = 0$$

Tanto el VAN como el TIR, se diferencian del Pay-back en que estos son métodos dinámicos que consideran la variación del valor del dinero con el paso del tiempo.

Para poder analizar la rentabilidad de la inversión se requiere primero un estudio de los ingresos y costes estimados, que se muestra a continuación. Para el año de inicio, se toma como ingreso anual el valor del préstamo y, como coste anual, el importe total de la inversión menos la subvención. Para el resto de años los ingresos anuales son los que se obtienen de la venta de la energía producida y, los costes anuales son la suma de los costes de personal, mantenimiento y amortización, cada uno con su variación anual.

El beneficio bruto se obtiene de restar los costes anuales y la devolución del préstamo a los ingresos anuales. El beneficio neto es el beneficio bruto después de pagar el 25% de impuesto de sociedades.

El flujo de caja es la suma del beneficio neto y de los costes de amortización

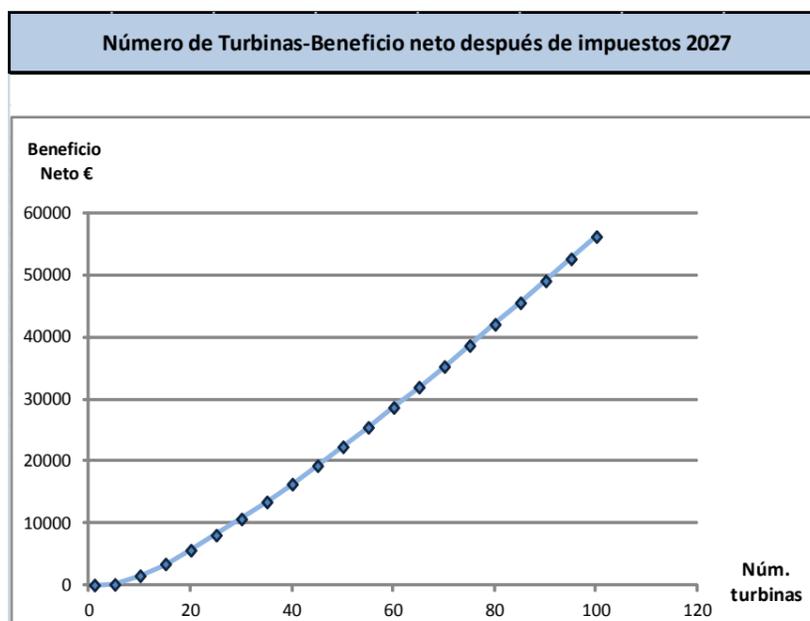
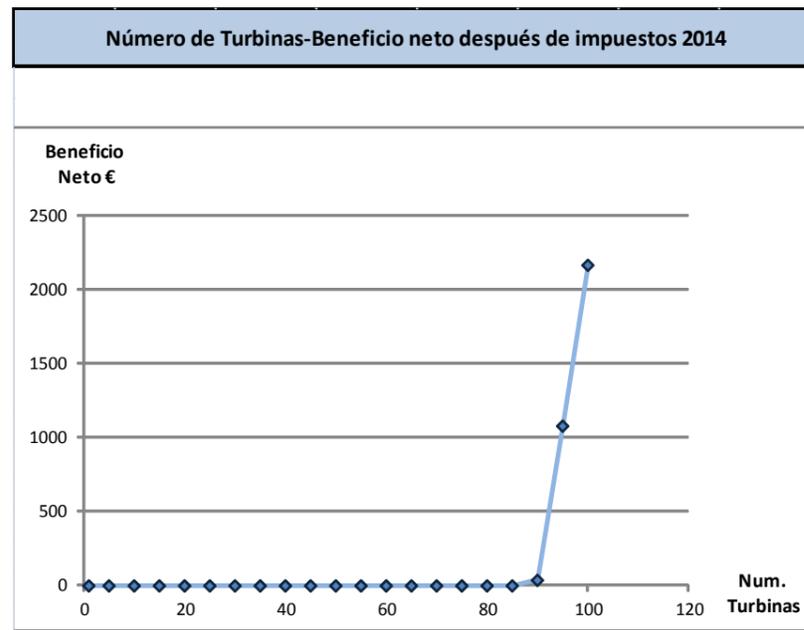
Los indicadores de rentabilidad antes descritos se calculan para cada año a partir del Flujo de Caja generado. Como tasa de rentabilidad o rentabilidad exigida se va a tomar el 2%, debido a las características singulares del proyecto. La inversión es rentable si el VAN es mayor que cero y si el TIR es mayor que la rentabilidad mínima exigida, esto es, 2%.

El Pay-Back, o tiempo en el que se recupera la inversión tiene que ser menor que el tiempo de vida útil de la instalación.

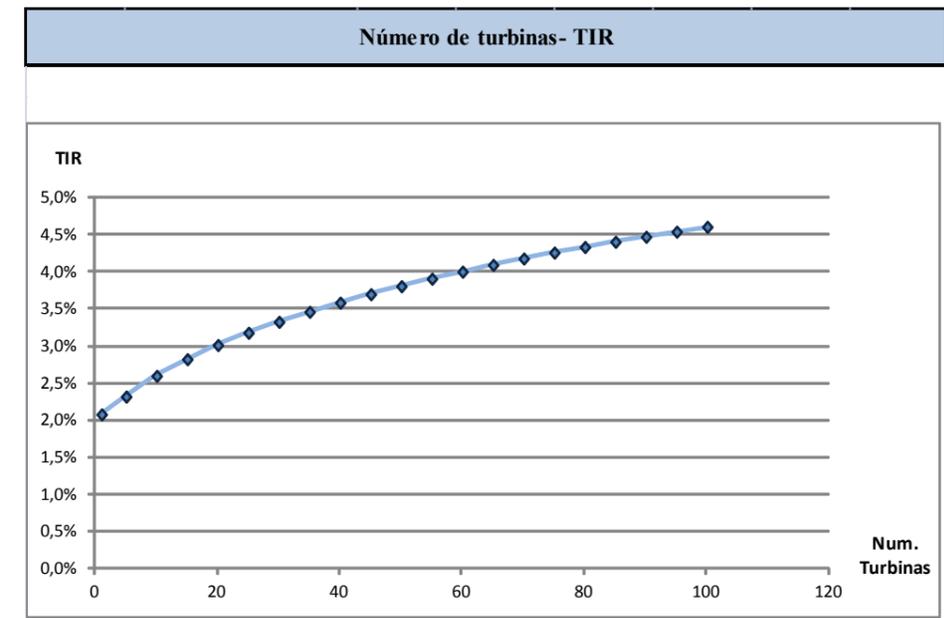


### 8.1. RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE UNIDADES Y EL BENEFICIO DE LA PLANTA

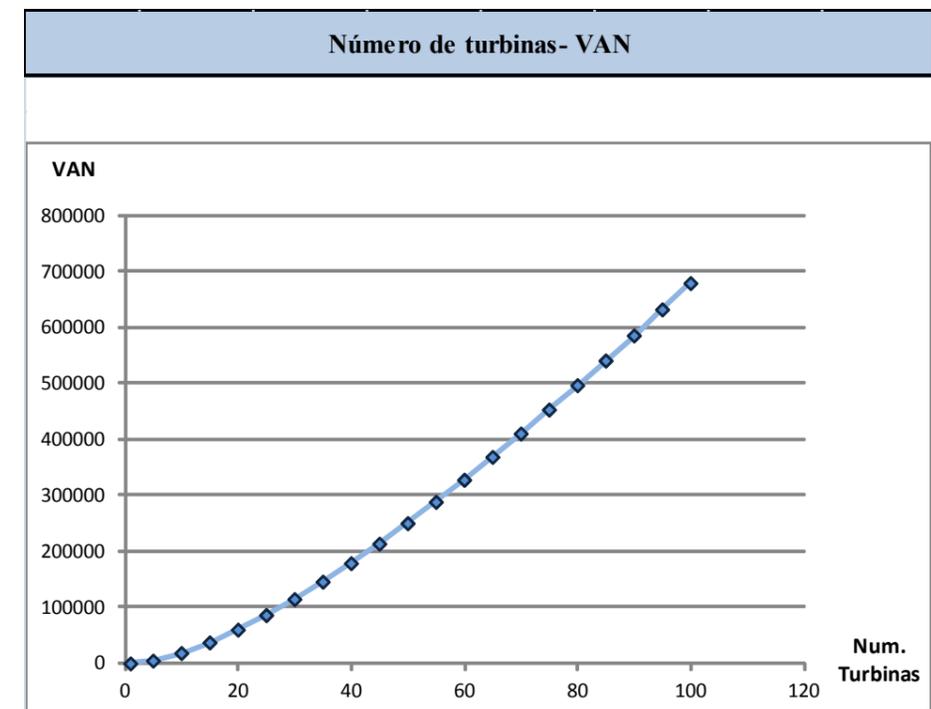
Así pues, tomando el modelo italiano de amortización y con las condiciones expuestas, el proyecto presenta en el año 2014, un beneficio neto después de impuestos que es mayor que cero, únicamente en el caso de al menos la planta tenga más de 85 equipos. Serían necesarios transcurrir 19 años para que con sólo una turbina, y las condiciones impuestas, el beneficio neto anual después de impuestos fuera positivo.

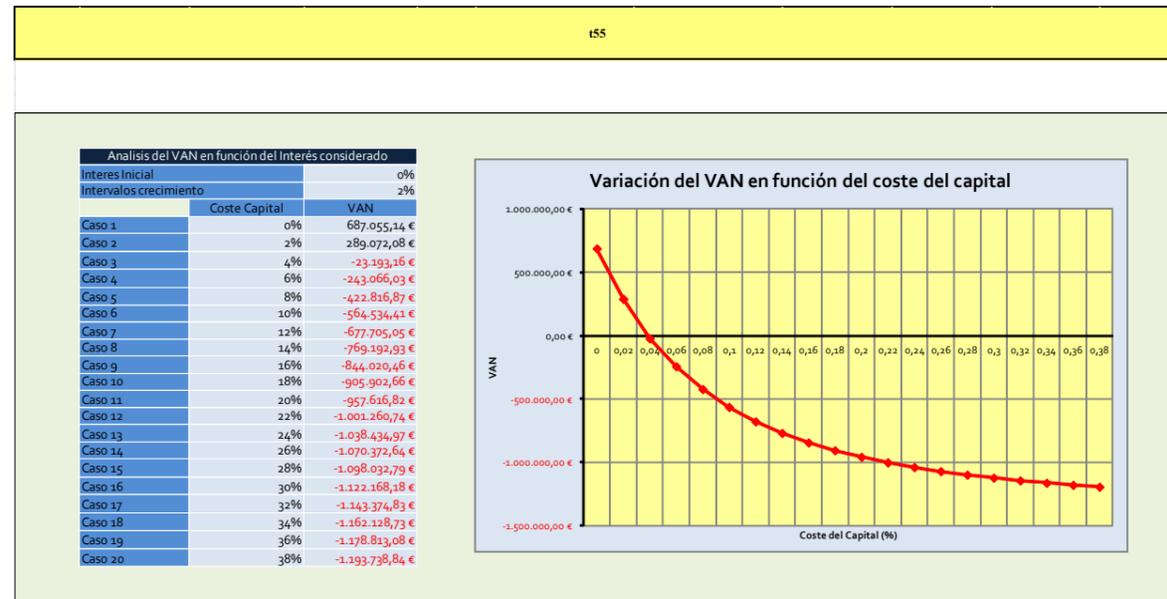


### 8.2. RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE TURBINAS Y LA TIR



### 8.3. RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE TURBINAS Y EL VAN



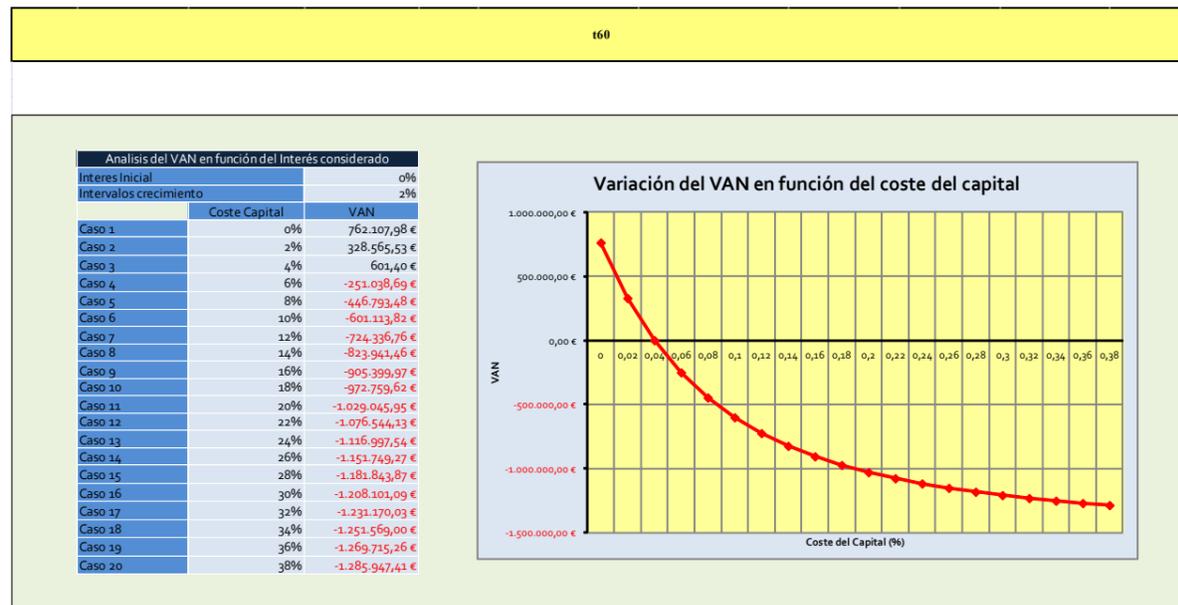


Concretamente, para un interés requerido de 4,55 %, exactamente igual al valor del interés del préstamo bancario, sería a partir de 100 unidades cuando podría obtenerse un valor del VAN mayor que cero. Aunque para este interés, el Pay-Back tendría valores superiores a la vida útil considerada.

#### 8.4. RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE TURBINAS Y EL PAY-BACK

El Pay-Back no se contemplaría en la vida útil tomada en cuenta (20 años) , hasta tener al menos una planta de 25 unidades; y se da que hasta 45 unidades, el Pay-Back coincide con los años de vida útil.

Es de 19 años a partir de 45 celdas, y es de 18 años a partir de 75 celdas.



Como puede apreciarse, el VAN es positivo en todos los casos, para un coste de capital del 2%. Pero ocurre que es positivo sólo a partir de 60 celdas, para un coste de capital del 4%; porcentaje que por otro lado, se asemeja más al interés que tendría el préstamo bancario.



## 9. CONCLUSIONES

### INDICADORES DE RENTABILIDAD

VAN	Δ VAN (%)	TIR	Pay-Back (años)	Interés para VAN	VAN	Num. Turb.
293,694550	0,0000	2,080%	-	2%	293,694550	1
5293,401469	1702,3492	2,319%	-	2%	5293,401469	5
18859,477665	256,2828	2,599%	-	2%	18859,477665	10
37760,215672	100,2188	2,824%	-	2%	37760,215672	15
60662,256107	60,6512	3,015%	-	2%	60662,256107	20
86690,006596	42,9060	3,180%	20	2%	86690,006596	25
115307,683286	33,0115	3,327%	20	2%	115307,683286	30
146413,357630	26,9762	3,463%	20	2%	146413,357630	35
179505,196042	22,6017	3,586%	20	2%	179505,196042	40
214322,728405	19,3964	3,700%	19	2%	214322,728405	45
251004,395192	17,1152	3,808%	19	2%	251004,395192	50
289072,080240	15,1661	3,909%	19	2%	289072,080240	55
328565,527027	13,6621	4,004%	19	2%	328565,527027	60
369565,073813	12,4783	4,096%	19	2%	369565,073813	65
411460,765555	11,3365	4,181%	19	2%	411460,765555	70
454179,654591	10,3823	4,262%	18	2%	454179,654591	75
497659,160589	9,5732	4,337%	18	2%	497659,160589	80
541845,044991	8,8787	4,408%	18	2%	541845,044991	85
586726,640284	8,2831	4,475%	18	2%	586726,640284	90
633211,159837	7,9227	4,544%	18	2%	633211,159837	95
680319,869288	7,4397	4,609%	18	2%	680319,869288	100

La elección del número de celdas que compondrán la central, va a basarse en los resultados financieros obtenidos, tomando a cuenta el caso más restrictivo, como dato de mínimo número de unidades.

PARÁMETRO INDICADOR	COMPORTAMIENTO	RESPUESTA REQUERIDA	NÚMERO DE UNIDADES NECESARIAS
<b>Precios Índice de Instalación</b>	Decrecen con el aumento del número de unidades de la planta	Precio índice de 6,7 M€/MW o menos (IDEA)	94 o más
<b>Beneficio Neto después de Impuestos en 2014</b>	Positivo sólo a partir de 85 unidades	Positivo	85 o más
<b>Tasa Interna de Rentabilidad TIR</b>	Positiva, y crece con el aumento del número de unidades de la planta	Mayor que la rentabilidad mínima exigida	1 o más
<b>VAN para un 2% de coste de capital</b>	Positivo, y crece con el aumento del número de unidades	Positivo	1 o más
<b>VAN para un 4% de coste de capital</b>	Positivo sólo a partir de 60 unidades	Positivo	60 o más
<b>Pay-Back</b>	De 18 años sólo a partir de 75 unidades de la planta	18 o menos años	75 o más
<b>CONCLUSIÓN:</b> la condición más restrictiva es la del cumplimiento de los precios índice de instalación que el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía considera para este tipo de energías.			<b>95 celdas</b>



## 0.7. VIABILIDAD: ALTERNATIVA SELECCIONADA





## VIABILIDAD. ALTERNATIVA SELECCIONADA: ÍNDICE

<b>CARACTERÍSTICA DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA .....</b>	<b>3</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN.....</b>	<b>3</b>
1.1. TIPOLOGÍA DE LA CÁMARA DE CAPTURA.....	3
1.2. EQUIPO DE CONVERSIÓN.....	4
1.3. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO.....	5
<b>2. ESTUDIO DEL MERCADO.....</b>	<b>6</b>
2.1. CLIENTE.....	6
2.2. PROVEEDOR.....	6
2.3. DATOS ECONÓMICOS BÁSICOS.....	6
<b>3. RESULTADOS FINANCIEROS.....</b>	<b>6</b>
3.1. RENTABILIDAD PARA 20 AÑOS, Y AMORTIZACIÓN SEGÚN MODELO ITALIANO.....	8
<b>4. AFECCIÓN AMBIENTAL.....</b>	<b>10</b>
4.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.....	10
4.1.1. FASE DE CONSTRUCCIÓN.....	10
4.1.2. FASE DE EXPLOTACIÓN.....	11
4.2. DEFINICIÓN DE MEDIDAS CORRECTORAS.....	11
4.2.1. DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.....	11
4.2.2. SISTEMA DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL.....	12
4.2.3. MEDIDAS COMPENSATORIAS AL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL PUERTO.....	12
<b>5. PLANOS.....</b>	<b>13</b>
5.1. ESTADO ACTUAL DEL PUERTO DE TARIFA.....	13
5.2. ORDENACIÓN PROYECTADA.....	13
5.3. UBICACIÓN DE LA PLANTA UNDIMOTRIZ.....	13
5.4. SECCIÓN TIPO DE CAJÓN DEL DIQUE VERTICAL PROYECTADO.....	13
5.5. SECCIÓN TIPO DE CELDA U-OWC INSERTADA EN EL DIQUE VERTICAL.....	13



## CARACTERÍSTICA DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA

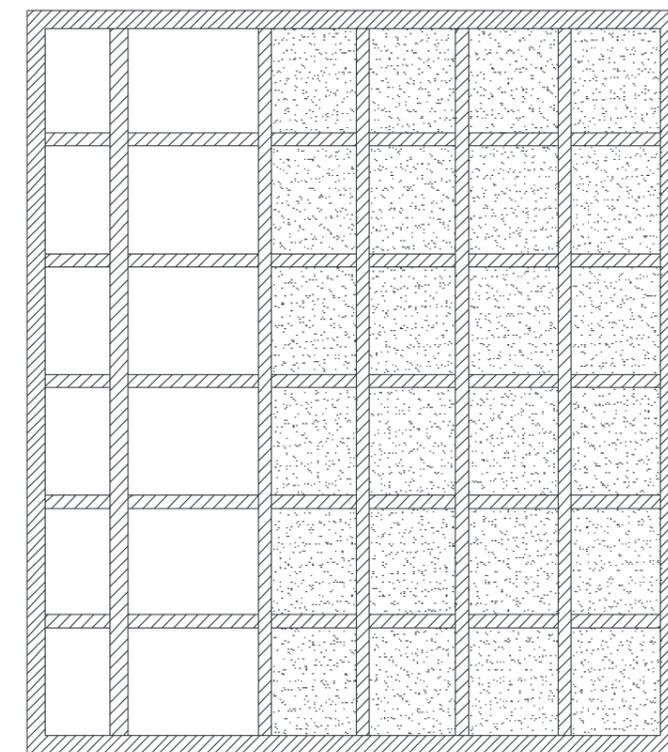
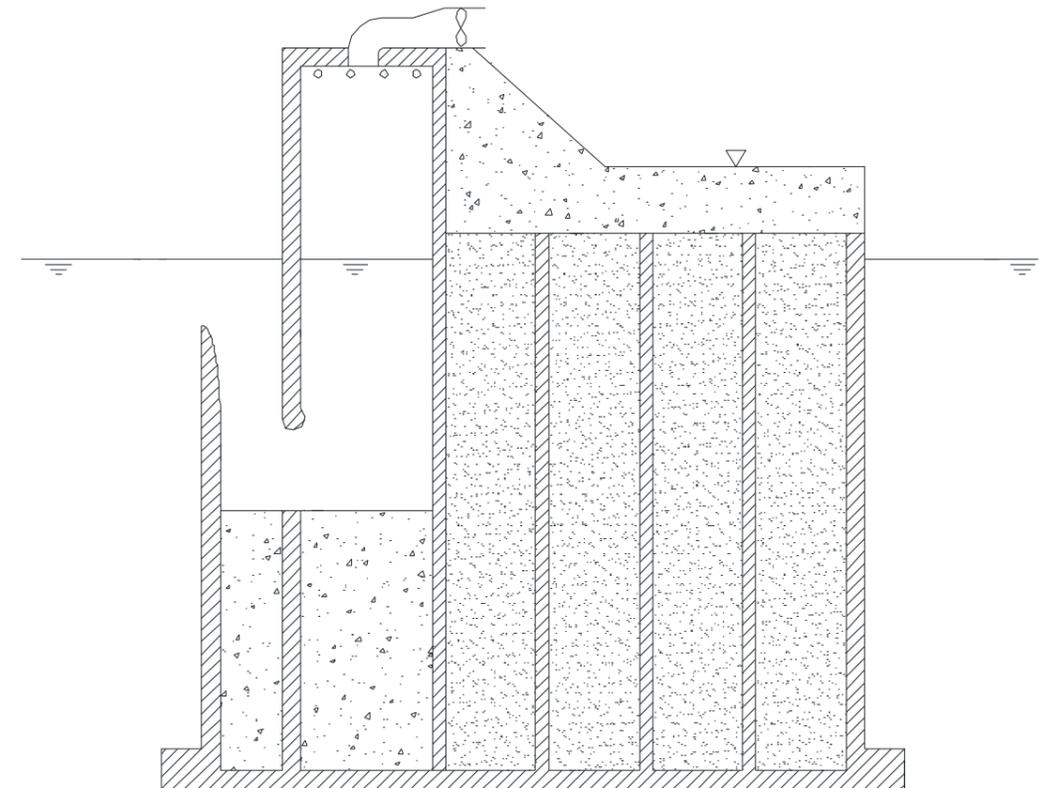
### 1. DESCRIPCIÓN

Inserción de una central de oleaje, en la alineación paralela a la costa del dique del proyecto de ampliación del Puerto de Tarifa. **Ubicación a partir de 200 m del morro del dique.**

**Central de conversión compuesta por 95 celdas según modelo del profesor Paolo Boccotti, U-OWC, con equipo tecnológico compuesto por turbina Wells monoplane sin aletas directrices, de 8 Kw de potencia nominal, de la empresa Voith Hydro.**

#### 1.1. TIPOLOGÍA DE LA CÁMARA DE CAPTURA

Modelo U-OWC del Profesor Paolo Boccotti, para condiciones del Mar Mediterráneo.





## 1.2. EQUIPO DE CONVERSIÓN

### Turbinas

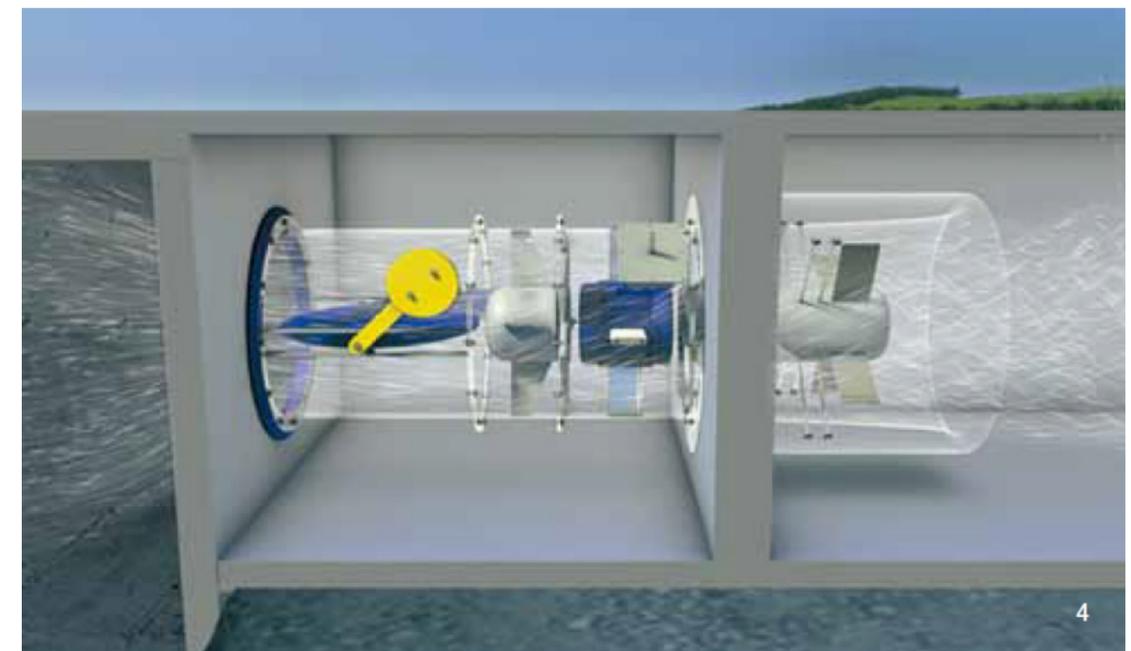
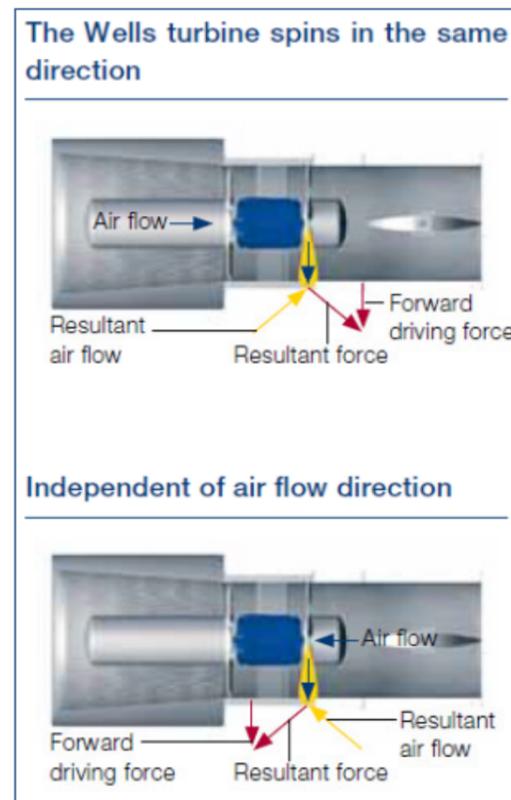
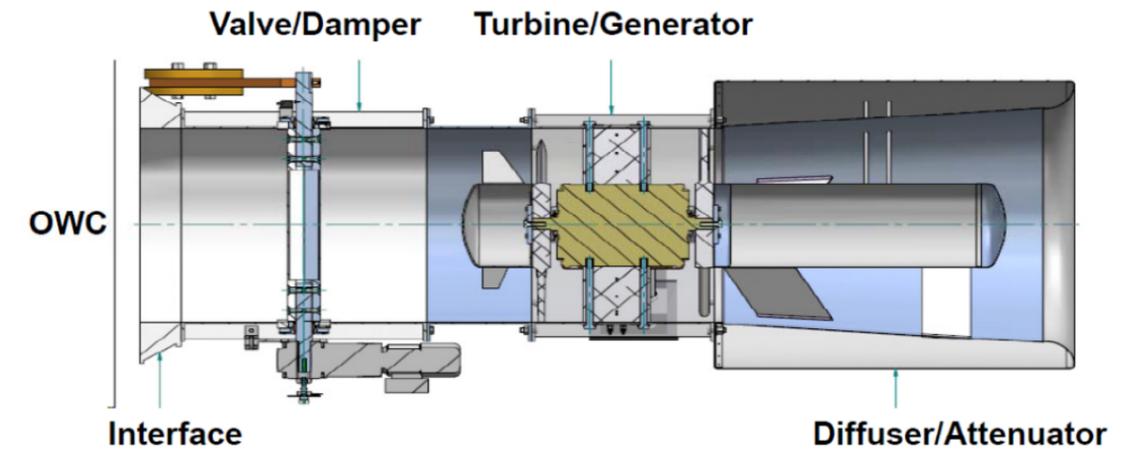
- Turbinas Wells Monoplano del Voith Hydro, de 8 Kw de potencia nominal.
- Material: acero 316 L
- Funcionamiento de las turbinas:

Cada turbina tiene debajo una cámara de aire. Cuando llega una ola, el nivel de agua sube en el interior del dique y el aire de la cámara se comprime. La compresión de este volumen de aire hace que gire la turbina.

Esta turbina está conectada a un alternador que genera electricidad. Cuando la ola se retira y el nivel de agua baja se produce una depresión en la cámara de aire que hace girar otra vez la turbina.

El diseño de estas turbinas hace que giren siempre en el mismo sentido.

Este sistema tiene la ventaja de que las turbinas no están en contacto con el agua del mar, por lo que no están tan expuestas a la oxidación y a la corrosión.



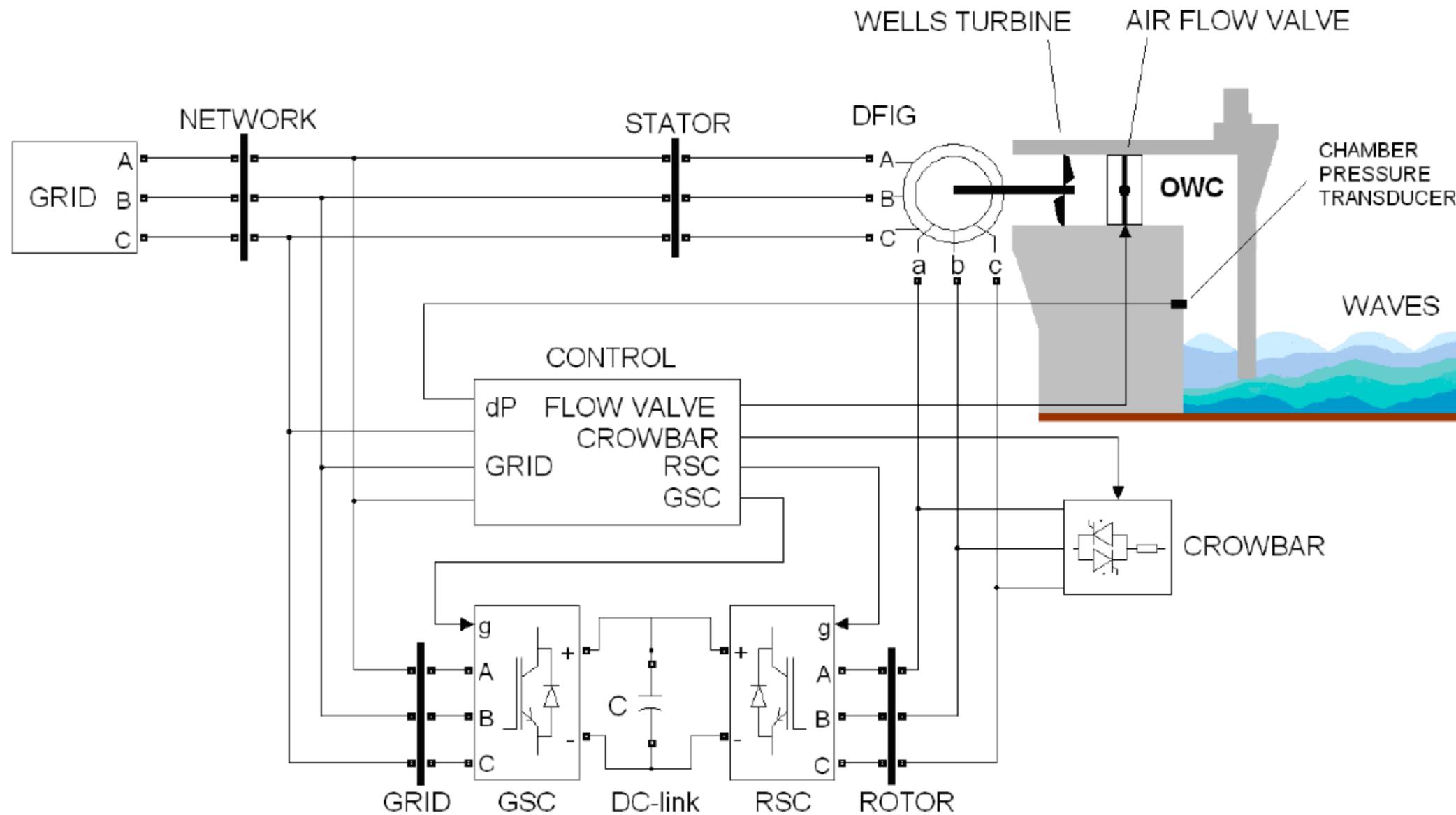


### 1.3. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

Las olas entran al dispositivo convertidor, la cámara de captura, y ésta transforma la energía incidente de las olas en energía neumática; la turbina Wells transforma esa energía neumática en mecánica y, por último, el generador de inducción doblemente alimentado, la convierte en energía eléctrica liberándola hacia la red. Además, se eligen como actuadores: un convertidor de frecuencia en configuración “back-to-back”, formado por los convertidores de tensión RSC (Rotor Side Converter) y GSC (Grid Side Converter) acoplados por medio de un condensador de enlace C, una válvula serie y el

circuito de protección, Crowbar, para la superación de los huecos de tensión de la red eléctrica. Por último, se observa el sistema de control, encargado de mejorar el rendimiento de la planta.

El sistema a controlar, está formado por las olas, la cámara de captura, la turbina Wells y el generador doblemente alimentado (DFIG).





## 2. ESTUDIO DEL MERCADO

### 2.1. CLIENTE

El único cliente a tener en cuenta es la empresa de suministro de energía eléctrica en la zona es la firma *Endesa*, y en cuanto a transporte, *Red Eléctrica Española*.

### 2.2. PROVEEDOR

Al tratarse de un proyecto innovador, el equipo tecnológico sería de la empresa Voith Hydro, puesto que es la que actualmente cuenta con antecedentes en proyectos similares como la planta de Mutriku, presentando además ciertas ventajas frente a posibles competidores en cuanto a tiempo de suministro y reparaciones.

### 2.3. DATOS ECONÓMICOS BÁSICOS

<b>PRECIO ÍNDICE DE LA CENTRAL €/KW</b>		<b>6.677,9976 €/Kw</b>
<b>Coste de Obra Civil</b>		
Coste calculado		588935,696323 €
Subvención		353.361,417794 €
<b>Coste a afrontar</b>		<b>235.574,278529 €</b>
<b>Coste de la Tecnología</b>		
Coste Generadores de 8 Kw		4436613,73484 €
Costes Otros		814571,154944 €
Subvención		3.150.710,93387 €
<b>Coste a afrontar</b>		<b>2.100.473,95591 €</b>
<b>PRODUCCIÓN</b>		
Producción a la hora		306,85 Kw
<b>Producción anual</b>		<b>2.688 Mw</b>

### Costes de Explotación:

Se ha estimado un costo de **2.830 €** por la primera unidad de turbina, con un incremento del coste anual del 2% y un decremento de gastos por unidad adicional de un 1%.

### Gastos de impuestos:

Como tarifas del Impuesto de Sociedades, se asume un 25 % del beneficio anual obtenido en la planta.

### Costes de Amortización:

Plazo de 20 años para la obra civil, y 15 años para los equipos tecnológicos.

### Ingresos:

- Ingresos por Kw producidos: tarifa de 6,89c€/Kwh los 20 primeros años, con incremento del 1,4% anual.
- Ingresos por Subvención a Costes Iniciales: 60% de CI el primer años
- Ingresos por Subvención a Costes de Mantenimiento: 100% anual, por tratarse de un proyecto experimental que estudiará la mejora de explotación de esta fuente renovable.

## 3. RESULTADOS FINANCIEROS

Se considera que se dispone de un 75 % de los recursos propios, y que el 25 % restante sería financiado mediante un préstamo bancario a largo plazo.

Las condiciones del préstamo atenderían a un interés medio del 4.55 % en cuotas anuales durante 10 años.

Para ello, se han analizado los resultados según el Sistema Francés (con cuotas fijas) y el Sistema Italiano.

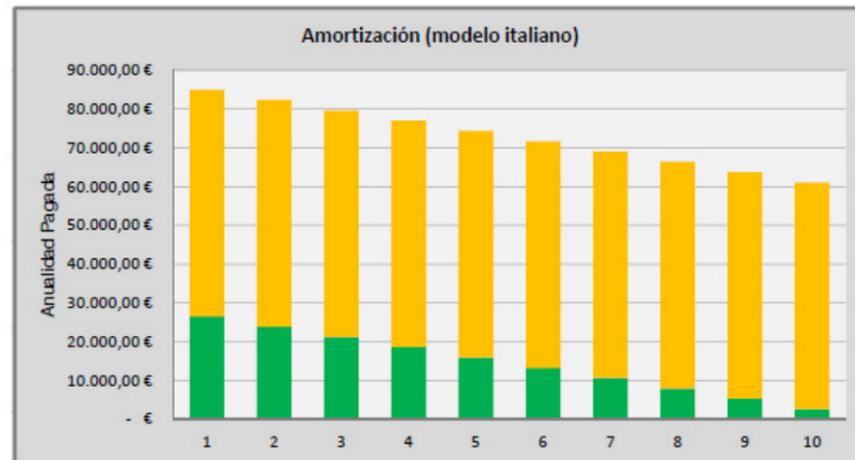


NECESIDADES DE FINANCIACIÓN		
Inversión Total	40%	2.336.048,23 €
Recurso Propios	75%	1.752.036,18 €
Recursos Ajenos	25%	584.012,06 €

CONDICIONES DEL PRÉSTAMO		OTROS ASPECTOS	
Principal	584.012,06 €	Cuota anual	
Duración (años)	10,00		
Tipo interés (%)	4,55%	Estos costes se suman a los financieros del primer año	
Comisión apertura	0,75%		
Gastos Tramitación	1.000,00 €		
Comisión Cancelación Parcial		0,00%	
Comisión cancelación total		0,00%	

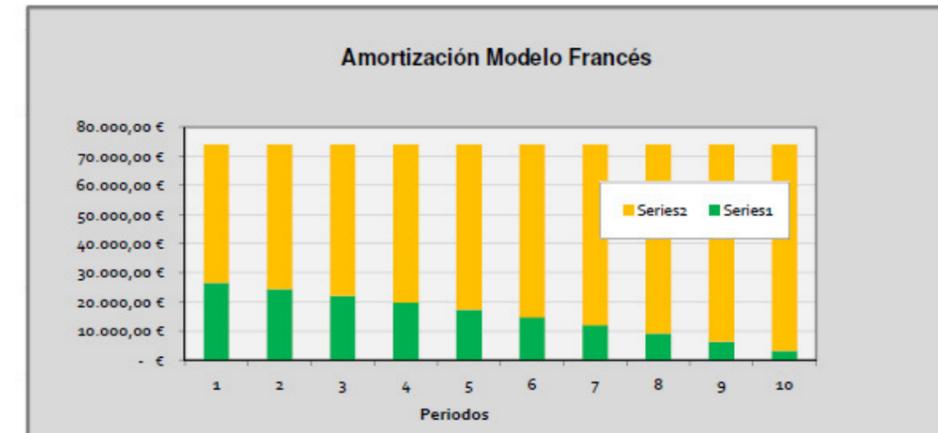
Amortización Modelo Italiano: la amortización del principal es constante

CUADRO DE AMORTIZACIONES					
Año	Anualidad	C. Intereses	C. Amortización	Cap. Vivo	Cap. Amortizado
0				584.012,06 €	
1	84.973,75 €	26.572,55 €	58.401,21 €	525.610,85 €	58.401,21 €
2	82.316,50 €	23.915,29 €	58.401,21 €	467.209,65 €	116.802,41 €
3	79.659,24 €	21.258,04 €	58.401,21 €	408.808,44 €	175.203,62 €
4	77.001,99 €	18.600,78 €	58.401,21 €	350.407,24 €	233.604,82 €
5	74.344,74 €	15.943,53 €	58.401,21 €	292.006,03 €	292.006,03 €
6	71.687,48 €	13.286,27 €	58.401,21 €	233.604,82 €	350.407,24 €
7	69.030,23 €	10.629,02 €	58.401,21 €	175.203,62 €	408.808,44 €
8	66.372,97 €	7.971,76 €	58.401,21 €	116.802,41 €	467.209,65 €
9	63.715,72 €	5.314,51 €	58.401,21 €	58.401,21 €	525.610,85 €
10	61.058,46 €	2.657,25 €	58.401,21 €	0,00 €	584.012,06 €



Amortización Modelo Francés: la cuota pagada es constante en el tiempo

CUADRO DE AMORTIZACIONES					
Año	Anualidad	C. Intereses	C. Amortización	Cap. Vivo	Cap. Amortizado
0				584.012,06 €	
1	73.988,31 €	26.572,55 €	47.415,76 €	536.596,29 €	47.415,76 €
2	73.988,31 €	24.415,13 €	49.573,18 €	487.023,11 €	96.988,94 €
3	73.988,31 €	22.159,55 €	51.828,76 €	435.194,35 €	148.817,71 €
4	73.988,31 €	19.801,34 €	54.186,97 €	381.007,38 €	203.004,67 €
5	73.988,31 €	17.335,84 €	56.652,48 €	324.354,91 €	259.657,15 €
6	73.988,31 €	14.758,15 €	59.230,16 €	265.124,74 €	318.887,32 €
7	73.988,31 €	12.063,18 €	61.925,14 €	203.199,61 €	380.812,45 €
8	73.988,31 €	9.245,58 €	64.742,73 €	138.456,88 €	445.555,18 €
9	73.988,31 €	6.299,79 €	67.688,52 €	70.768,35 €	513.243,71 €
10	73.988,31 €	3.219,96 €	70.768,35 €	0,00 €	584.012,06 €





**3.1. RENTABILIDAD PARA 20 AÑOS, Y AMORTIZACIÓN SEGÚN MODELO ITALIANO**

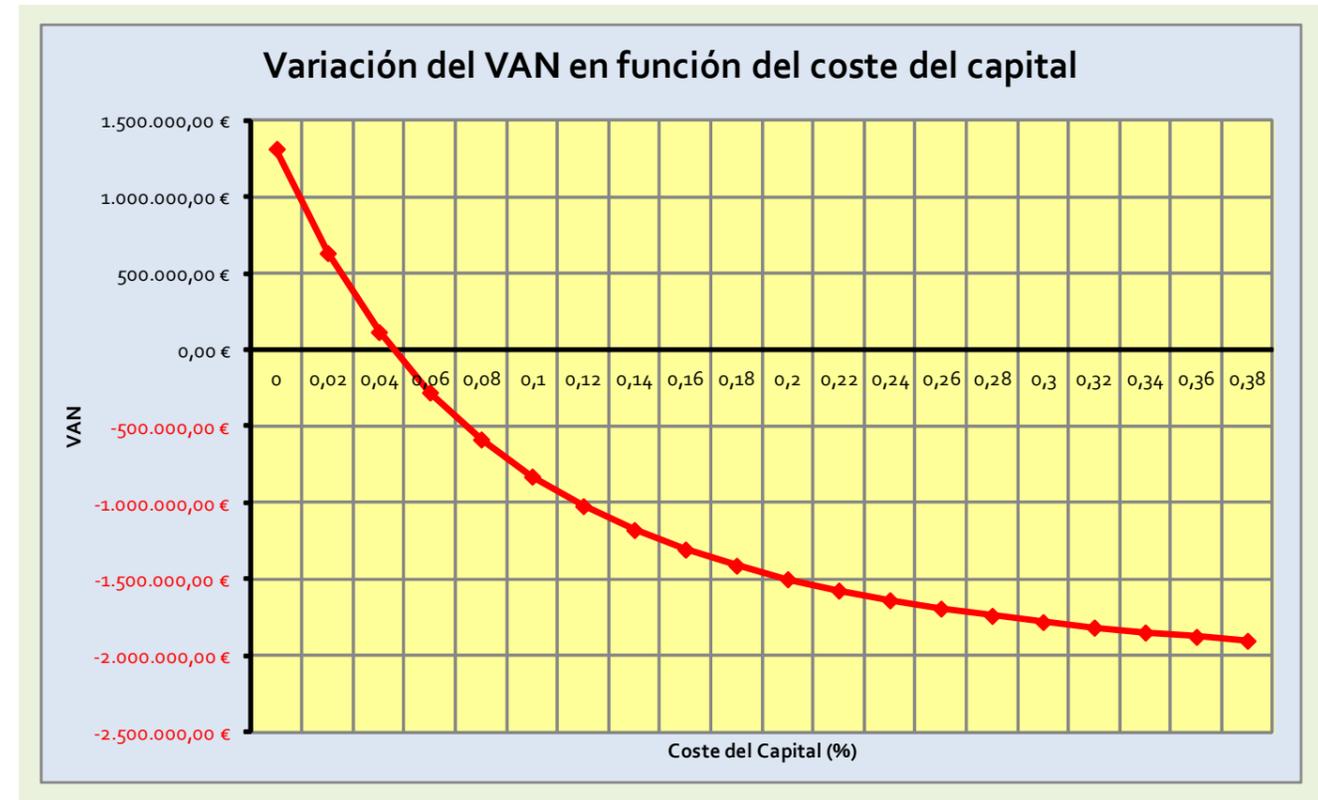
Inversión Inicial Total €	Subvención Inicial €	Inversion €
5840120,586109	3504072,351665	2336048,234444

Año	Producción Kw	Ingresos Producción €	Ingresos Sub. Funcionamiento €	Gastos: Funcionamiento €	Margen Operativo Bruto €	Costes Financieros €	Amortización Equipos (15 años) €	Amortización Obra Civil-Servicios(20 años) €	Beneficio Antes de Impuestos €	Cuota de Impuestos (25%) €	Beneficio Neto Después Impuestos €	Depreciación Activos Fijos €	Flujo Neto Caja €	FNC Actualizado (cálculo del VAN) €	Flujo Neto Caja Acumulado €
2013													-2336048,234444	-2336048,234444	-2336048,234444
2014	306,85	185203,613400	174124,015941	174124,015941	185203,613400	31952,639106	140031,597061	11778,713926	1440,663306	360,165827	1080,497480	151810,310987	152890,808467	149892,949478	-2186155,284966
2015	306,85	187796,463988	177606,496260	177606,496260	187796,463988	23915,293800	140031,597061	11778,713926	12070,859200	3017,714800	9053,144400	151810,310987	160863,455387	154616,931361	-2031538,353606
2016	306,85	190425,614483	181158,626185	181158,626185	190425,614483	21258,038933	140031,597061	11778,713926	17357,264563	4339,316141	13017,948422	151810,310987	164828,259409	155321,350206	-1876217,003400
2017	306,85	193091,573086	184781,798709	184781,798709	193091,573086	18600,784067	140031,597061	11778,713926	22680,478032	5670,119508	17010,358524	151810,310987	168820,669511	155964,203347	-1720252,800053
2018	306,85	195794,855109	188477,434683	188477,434683	195794,855109	15943,529200	140031,597061	11778,713926	28041,014922	7010,253730	21030,761191	151810,310987	172841,072179	156547,484276	-1563705,315776
2019	306,85	198535,983081	192246,983377	192246,983377	198535,983081	13286,274333	140031,597061	11778,713926	33439,397760	8359,849440	25079,548320	151810,310987	176889,859308	157073,132864	-1406632,182912
2020	306,85	201315,486844	196091,923044	196091,923044	201315,486844	10629,019467	140031,597061	11778,713926	38876,156390	9719,039097	29157,117292	151810,310987	180967,428280	157543,036687	-1249089,146226
2021	306,85	204133,903660	200013,761505	200013,761505	204133,903660	7971,764600	140031,597061	11778,713926	44351,828072	11087,957018	33263,871054	151810,310987	185074,182042	157959,032329	1407048,178554
2022	306,85	206991,778311	204014,036735	204014,036735	206991,778311	5314,509733	140031,597061	11778,713926	49866,957590	12466,739398	37400,218193	151810,310987	189210,529180	158322,906650	-1248725,271904
2023	306,85	209889,663207	208094,317470	208094,317470	209889,663207	2657,254867	140031,597061	11778,713926	55422,097353	13855,524338	41566,573015	151810,310987	193376,884002	158636,398027	-1090088,873878
2024	306,85	212828,118492	212256,203820	212256,203820	212828,118492	0,000000	140031,597061	11778,713926	61017,807505	15254,451876	45763,355629	151810,310987	197573,666616	158901,197558	-931187,676320
2025	306,85	215807,712151	216501,327896	216501,327896	215807,712151	0,000000	140031,597061	11778,713926	63997,401164	15999,350291	47998,050873	151810,310987	199808,361860	157547,529751	-773640,146569
2026	306,85	218829,020121	220831,354454	220831,354454	218829,020121	0,000000	140031,597061	11778,713926	67018,709134	16754,677283	50264,031850	151810,310987	202074,342838	156210,039498	-617430,107071
2027	306,85	221892,626403	225247,981543	225247,981543	221892,626403	0,000000	140031,597061	11778,713926	70082,315416	17520,578854	52561,736562	151810,310987	204372,047549	154888,470561	-462541,636510
2028	306,85	224999,123173	229752,941174	229752,941174	224999,123173	0,000000	140031,597061	11778,713926	73188,812185	18297,203046	54891,609139	151810,310987	206701,920126	153582,571371	-308959,065139
2029	306,85	228149,110897	234347,999997	234347,999997	228149,110897	0,000000	0,000000	11778,713926	216370,396971	54092,599243	162277,797728	11778,713926	174056,511654	126790,737264	-182168,327874
2030	306,85	231343,198450	239034,959997	239034,959997	231343,198450	0,000000	0,000000	11778,713926	219564,484523	54891,121131	164673,363392	11778,713926	176452,077319	126015,467690	-56152,860184
2031	306,85	234582,003228	243815,659197	243815,659197	234582,003228	0,000000	0,000000	11778,713926	222803,289302	55700,822325	167102,466976	11778,713926	178881,180903	125245,335814	69092,475630
2032	306,85	237866,151273	248691,972381	248691,972381	237866,151273	0,000000	0,000000	11778,713926	226087,437347	56521,859337	169565,578010	11778,713926	181344,291937	124480,300094	193572,775724
2033	306,85	241196,277391	253665,811829	253665,811829	241196,277391	0,000000	0,000000	11778,713926	229417,563465	57354,390866	172063,172598	11778,713926	183841,886525	123720,319456	317293,095179

TIR	Pay-Back (años)	Interés para VAN	VAN
4,544%	18	2%	633211,159837



Análisis del VAN en función del Interés considerado		
Interés Inicial		0%
Intervalos crecimiento		2%
	Coste Capital	VAN
Caso 1	0%	1.314.821,20 €
Caso 2	2%	633.211,16 €
Caso 3	4%	117.806,66 €
Caso 4	6%	-277.490,30 €
Caso 5	8%	-584.875,64 €
Caso 6	10%	-827.105,25 €
Caso 7	12%	-1.020.451,47 €
Caso 8	14%	-1.176.683,84 €
Caso 9	16%	-1.304.410,55 €
Caso 10	18%	-1.409.996,49 €
Caso 11	20%	-1.498.198,12 €
Caso 12	22%	-1.572.606,87 €
Caso 13	24%	-1.635.961,87 €
Caso 14	26%	-1.690.372,75 €
Caso 15	28%	-1.737.479,72 €
Caso 16	30%	-1.778.569,73 €
Caso 17	32%	-1.814.661,53 €
Caso 18	34%	-1.846.568,44 €
Caso 19	36%	-1.874.945,11 €
Caso 20	38%	-1.900.322,60 €





#### 4. AFECCIÓN AMBIENTAL

La afección ambiental de la central de oleaje no vendría a significar nada adicional a la posible afección que pueda tener el proyecto de ampliación del puerto.

No supone invasión alguna añadida a la extensión del dique, y no emite ningún tipo de materia contaminante durante su funcionamiento. Únicamente las turbinas emitirían cierto ruido, que se solucionaría con un sistema de atenuación incorporado en la parte superior de cada turbogenerador.

##### 4.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

Tras el análisis de la información recopilada en los diferentes estudios realizados en la zona, el conocimiento del terreno y los factores del medio afectados, así como de los requerimientos de las infraestructuras proyectadas, se identifican, los posibles impactos que pudieran derivarse del **Proyecto De Ampliación Del Puerto De Tarifa, Con La Implantación De La Central De Oleaje**.

##### ACCIONES GENERADORAS DE IMPACTO

A continuación, se enumeran y comentan las acciones potencialmente generadoras de impacto consideradas *a priori* de la ejecución del proyecto. Estas acciones se desglosan para la Fase de Construcción y la Fase de Uso o Explotación.

##### 4.1.1. FASE DE CONSTRUCCIÓN

###### Acciones generales asociadas a las construcciones

- Demanda de mano de obra y materiales diversos:

Necesidad de mano de obra. Creación de empleo directo.

Necesidad (demanda) de material técnico y constructivo para el proyecto.

Creación de empleo indirecto.

- Actividades preconstructivas y de maquinaria:

Emplazamiento de instalaciones auxiliares de obra.

Movimiento de maquinaria y vehículos pesados, transporte de materiales.

- Producción de residuos:

Desechos y residuos de construcción.

Vertidos accidentales.

###### Construcción de dique y central de oleaje

Construcción de la segunda alineación exenta de 735 m, sensiblemente perpendicular a una primera y configurada, como dique vertical de cajones de hormigón prefabricados, que alberga a la Central de Oleaje.

Efectos:

- Modificación de los fondos, con las consiguientes variaciones en la batimetría y composición del sedimento.
- Modificación de la morfología litoral.
- Modificación de la hidrodinámica y dinámica litoral.
- Variaciones en la calidad de las aguas.
- Destrucción de comunidades bentónicas y posibilidad de afección a los recursos pesqueros.
- Modificación de la calidad acústica y atmosférica, derivado del funcionamiento de la maquinaria (niveles sonoros, emisión de gases, resuspensión de polvo, etc.)
- Alteración del paisaje.
- Posibles recubrimiento y/o destrucción de yacimientos arqueológicos.
- Posible destrucción de infraestructuras submarinas.
- Influencia en la economía local y nacional en el sector servicios.
- Consumo de recursos naturales: áridos y materiales de relleno.

###### Operaciones de dragados

Efectos:

- Modificación de la morfología submarina, afectando a la hidrodinámica y transporte litoral.
- Alteración de la composición granulométrica.
- Efectos sobre el bentos y, potencialmente, sobre los recursos pesqueros. Presenta incidencias de carácter directo (destrucción) e indirecto (resuspensión de finos y posterior tapizamiento del fondo marino, puesta en movimiento de contaminantes potencialmente presentes en los sedimentos, etc.).



- Variaciones en la calidad del agua por la resuspensión de finos (turbidez).
- Posible destrucción de yacimientos arqueológicos.

#### Rellenos de Explanada

Efectos:

- Modificación de los fondos en cuanto a la batimetría y composición del sedimento.
- Modificación de área litoral en cuanto a su morfología costera.
- Modificación hidrodinámica y dinámica litoral.
- Alteración de la calidad de las aguas ocasionado por el vertido de material (turbidez).
- Alteración de la calidad atmosférica y acústica debido al tránsito de camiones que transportan el material de vertido (polvo en suspensión, emisiones, ruidos, vibraciones, etc.).
- Enterramiento de comunidades bentónicas, así como afecciones potenciales a los recursos pesqueros y marisqueros.
- Alteración del paisaje.
- Efecto en el bienestar social y el turismo.
- Incremento de la actividad económica local y nacional del sector servicios.
- Posible recubrimiento y/o destrucción de posibles yacimientos arqueológicos.

#### Infraestructura Terrestre y Acondicionamiento Portuario

Actividades relacionadas con la construcción de las obras portuarias como el acondicionamiento de accesos a la zona de obras, la fabricación, el transporte y el almacenamiento de materiales, las conducciones de servicio (suministro de agua y electricidad, otras conducciones, etc.) y el acondicionamiento final del recinto portuario (cierres, etc.).

Efectos:

- Modificación de los terrenos.
- Afección a la vegetación y fauna costera existente.
- Alteración paisajística.
- Incremento de tráfico terrestre e incidencia en la circulación.
- Generación de ruidos y emisiones a la atmósfera con las consiguientes implicaciones sociales.

- Incremento de la actividad económica local y de los servicios.
- Posibles afecciones a los Bienes de Interés Cultural.

#### 4.1.2. FASE DE EXPLOTACIÓN

Para la Fase de Explotación aquí hay que referirse a las labores de mantenimiento de la propia infraestructura, como el mantenimiento de calado y la conservación de las instalaciones.

#### Mantenimiento de la operatividad de las infraestructuras

Se consideran, fundamentalmente, las operaciones de dragado para aumentar y/o mantener calados con sus efectos asociados, además de actuaciones de conservación de las infraestructuras portuarias.

Efectos:

- Relación de efectos considerados en el apartado de “Operaciones de dragado” incluidos dentro de la Fase de Construcción, aunque, debido a su menor envergadura, la manifestación de los mismos será de menor relevancia.
- Aumento de la probabilidad de generarse vertidos accidentales ya sean directos a la lámina de agua o por arrastre eólico o pluvial de materiales presentes en las plataformas de mantenimiento.

#### 4.2. DEFINICIÓN DE MEDIDAS CORRECTORAS

##### 4.2.1. DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

#### SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL DE LA EMPRESA CONTRATISTA

Se exigirá al contratista de las obras que cuente con un SGMA para el desarrollo de las mismas, acreditado mediante la certificación de un organismo oficial. Esta exigencia quedará reflejada en el Pliego de Condiciones de Contratación.



## BUENAS PRÁCTICAS GENERALES DE OBRA

En Fase de Obras deberá aplicarse una serie de medidas y buenas prácticas organizativas, con el fin de limitar posibles afecciones a la calidad del aire y del suelo/agua.

### Responsabilidades

- Coordinación de la responsabilidad de los diferentes agentes de la obra en materias de medio ambiente.
- Estricto cumplimiento de las indicaciones de los encargados y de las instrucciones de trabajo de la empresa.

### Residuos

- Minimización de la generación de residuos. Fomentar la formación de los trabajadores para evitar el uso indebido de materiales y equipos. Reutilizar materiales en la medida de lo posible.
- Planificar debidamente, y con suficiente antelación, la contratación del gestor autorizado para la recogida de residuos.

### Consumos

- Realizar seguimientos del consumo energético de la obra.
- Ahorro de agua en los distintos procesos de la obra. Tratar de evitar el consumo excesivo e inadecuado del agua.
- Utilización de vehículos y máquinas de bajo consumo de combustible.
- Conducción adecuada de vehículos y máquinas para evitar excesos en el consumo de carburantes.
- Control y almacenamiento correcto de las piezas para el montaje de los encofrados.

### Vertidos accidentales y seguridad laboral

- Conservación y mantenimiento de herramientas e instalaciones.
- Conducción adecuada de vehículos y máquinas para evitar situaciones peligrosas.
- Garantizar el correcto mantenimiento de la maquinaria de obra con objeto de evitar derrames de combustibles o aceites.

### Emisiones y ruido

- Control del ruido de la maquinaria en obra. Medir el ruido de las distintas máquinas que participan en la obra para determinar su legalidad, según umbrales establecidos por la legislación vigente. En caso de incumplimiento, incorporar sistemas silenciadores o tratar de sustituir la máquina.
- Revisión periódica de los vehículos de obra y mantenimiento de los mismos al objeto de adecuar a la legislación vigente las emisiones contaminantes de CO, NOx, HC, SO2, etc.

### Vegetación

- Planificar las zonas accesibles a vehículos y maquinaria de las obras para evitar destrucción de zonas vegetales, compactación de suelos, exceso de ruidos, molestias a la población, etc.

### Polvo

- Limitar las operaciones de carga/descarga de materiales, ejecución de excavaciones y, en general, todas aquellas actividades que puedan dar lugar a la movilización de polvo o partículas a periodos en los que el rango de velocidad del viento (vector dispersante) sea inferior a 10 km/h.
- Riego o humectación de las zonas de obra susceptibles de generar polvos, como zonas con movimiento de tierras y caminos de rodadura, además de la zona de instalaciones auxiliares de obra.
- Reducción de la velocidad de los vehículos de obra con el objeto de disminuir la producción de polvos y la emisión de contaminantes gaseosos.

#### 4.2.2. SISTEMA DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Se recomienda que se incorporen las nuevas instalaciones al Sistema de Gestión Medioambiental del Puerto de Tarifa desde el momento en que entren en funcionamiento las distintas etapas.

#### 4.2.3. MEDIDAS COMPENSATORIAS AL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL PUERTO

- Creación de microrreserva en la zona batida de las nuevas escolleras
- Creación de microrreserva en la zona batida del dique exterior de abrigo de La Línea de la Concepción.



- Realización de un proyecto de restauración de la Caseta de Salvamento de Náufragos y búnker anexo
- Puesta en valor de la muralla, Caseta de Salvamento y del bunker
- Adecuación del ámbito puerto-ciudad
- Creación de una superficie destinada al estacionamiento de vehículos de pasajeros y turistas con destino Tánger.
- Dotación de equipamientos para la Playa Chica
- Regeneración de la playa Chica, en caso necesario, de acuerdo con la Demarcación de Costas de Andalucía-Atlántico.

## **5. PLANOS**

### **5.1. ESTADO ACTUAL DEL PUERTO DE TARIFA**

### **5.2. ORDENACIÓN PROYECTADA**

### **5.3. UBICACIÓN DE LA PLANTA UNDIMOTRIZ**

### **5.4. SECCIÓN TIPO DE CAJÓN DEL DIQUE VERTICAL PROYECTADO**

### **5.5. SECCIÓN TIPO DE CELDA U-OWC INSERTADA EN EL DIQUE VERTICAL**















ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



UNIVERSIDAD DE GRANADA

TÍTULO

PROYECTO FIN DE CARRERA:  
PLANTA DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ  
EN EL DIQUE DE ABRIGO DEL PUERTO DE TARIFA

TUTOR DEL PROYECTO

JAVIER GARCÍA ORDÓREZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

ALUMNA

MARÍA JOSÉ CARRILLO MUÑOZ

ESCALAS:

A1= 1/400  
A2= 1/800

DESIGNACIÓN

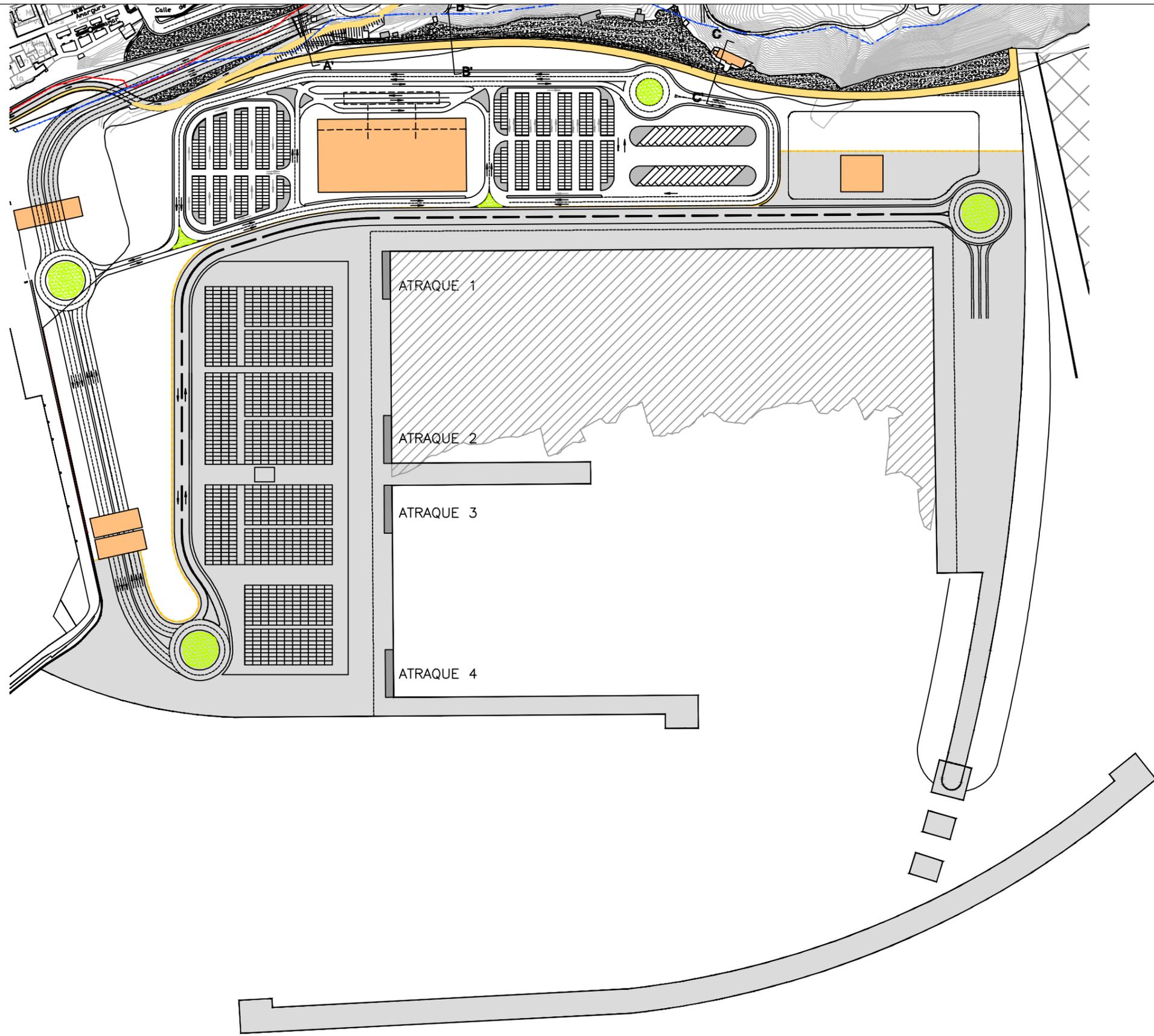
ESTUDIO DE VIABILIDAD: SITUACIÓN ACTUAL  
DEL PUERTO DE TARIFA

FECHA

JUNIO 2013

PLANO Nº

HOJA 1 DE 1



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



UNIVERSIDAD DE GRANADA

TÍTULO

PROYECTO FIN DE CARRERA:  
PLANTA DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ  
EN EL DIQUE DE ABRIGO DEL PUERTO DE TARIFA

TUTOR DEL PROYECTO

JAVIER GARCÍA ORDÓREZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

ALUMNA

MARÍA JOSÉ CARRILLO MUÑOZ

ESCALAS:

A= 1/4000  
A= 1/8000

DESIGNACIÓN

ESTUDIO DE VIABILIDAD: ORDENACIÓN  
PROPOSTA DEL PUERTO DE TARIFA

FECHA

JUNIO 2013

PLANO Nº

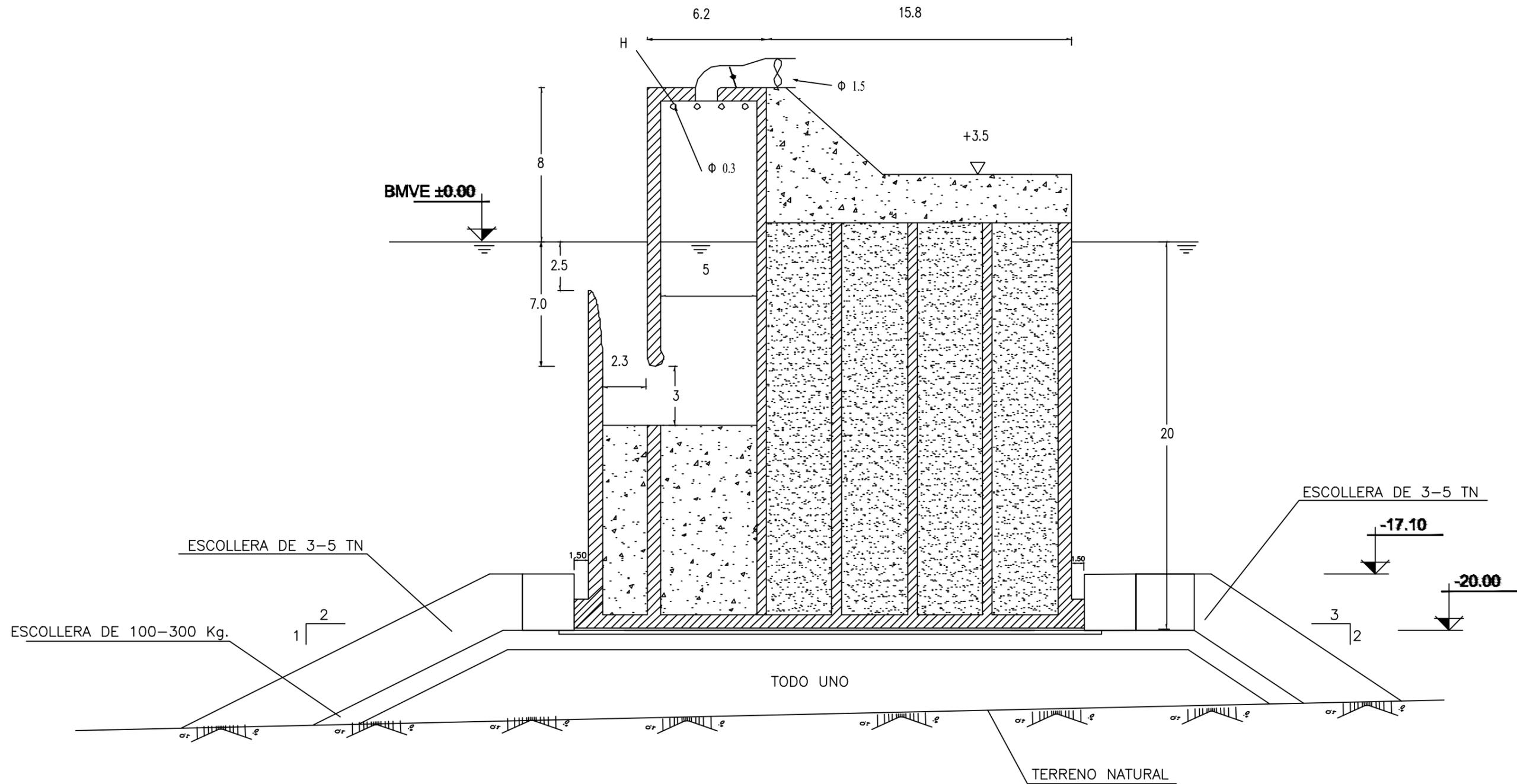
HOJA 1 DE 1



UBICACIÓN DE LA PLANTA DE OLEAJE

 <p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS</p>	 <p>UNIVERSIDAD DE GRANADA</p>	<p>TÍTULO</p> <p><b>PROYECTO FIN DE CARRERA:</b> PLANTA DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ EN EL DIQUE DE ABRIGO DEL PUERTO DE TARIFA</p>	<p>TUTOR DEL PROYECTO</p> <p>JAVIER GARCÍA ORDÓÑEZ DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL</p>	<p>ALUMNA</p> <p>MARIA JOSE CARRILLO MURDZ</p>	<p>ESCALAS:</p> <p>A1= 1/400 A3= 1/800</p>	<p>DESIGNACION</p> <p>ESTUDIO DE VIABILIDAD: UBICACIÓN EN EL DIQUE DE LA PLANTA DE OLEAJE DEL PUERTO DE TARIFA</p>	<p>FECHA</p> <p>JUNIO 2013</p>	<p>PLANO Nº</p> <p>HOJA 1 DE 1</p>
---	---	--	---	--	--	--	--------------------------------	------------------------------------





SECCIÓN TIPO DE CELDA U-OWC DE LA CENTRAL DE OLEAJE. DIQUE VERTICAL CON CAJÓN FONDEADO A -20 m

 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS	 UNIVERSIDAD DE GRANADA	TÍTULO PROYECTO FIN DE CARRERA: PLANTA DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ EN EL DIQUE DE ABRIGO DEL PUERTO DE TARIFA	TUTOR DEL PROYECTO JAVIER GARCÍA ORDÓÑEZ DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL	ALUMNA MARÍA JOSÉ CARRILLO MUÑOZ	ESCALAS: A1= 1/100 A3= 1/200	DESIGNACIÓN ESTUDIO DE VIABILIDAD- SECCIÓN TIPO DE CELDA U-OWC DE LA PLANTA DE OLEAJE INSERTADA EN EL DIQUE VERTICAL	FECHA JUNIO 2013	PLANO Nº HOJA 1 DE 1
--	--	--	---	-------------------------------------	------------------------------------	---	---------------------	-------------------------