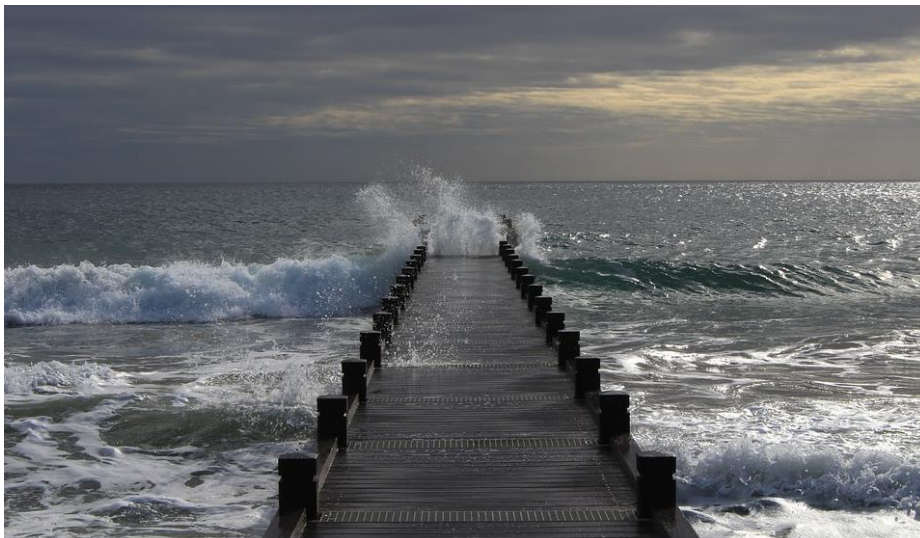


Análisis del Potencial de Desarrollo de Tecnologías Energéticas (APDTE 2018-2019)

ANEXO

ENERGÍAS MARINAS



Octubre 2019

CONTEXTO Y METODOLOGIA

Este segundo **Análisis del Potencial de Desarrollo de las Tecnologías Energéticas, APDTE 2018-19** (semejante al primero, desarrollado en 2014-15) coincide en el tiempo con el desarrollo del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (**PNIEC**) y con el de la Ley de Cambio Climático y Transición Energética (**LCCyTE**), a cuya evolución ha estado atento, y está, además, alineado con los objetivos generales de la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación.

El impulso a la I+D+i energética en ambos (plan y ley) habrá de potenciarse de manera decidida si el país apuesta por maximizar el aprovechamiento de oportunidades de desarrollo socioeconómico que la ineludible transición energética ofrece.

La premisa en la que se basa la actividad de ALINNE (Alianza por la Investigación y la Innovación Energéticas) es que **la investigación y la innovación (I+i) estimulan la productividad y la competitividad del país**, son esenciales para mantener nuestro modelo socioeconómico y permiten afrontar los desafíos asociados a la energía (transición energética, generación, uso e impacto) sacando partido de nuestros recursos y fortalezas y creando oportunidades de desarrollo socioeconómico.

El APDTE 2018-2019 ha seguido una **metodología**, semejante a la del primer APDTE 2015, basada en la colaboración entre las Plataformas Tecnológicas Españolas de ámbito Energético (PTEs), ALINNE y un Grupo de Evaluación (GEVAL, formado por unos 45 expertos) y se ha **desarrollado en varias fases**: 1) aportación de datos sobre 15 indicadores de evaluación propuestos; 2) presentación de la situación y perspectivas por parte de las PTEs; 3) valoración de la situación y tendencias por el GEVAL mediante votaciones, siguiendo un método de subjetividad compartida; 4) la redacción de un anexo (como el que aquí se presenta), a partir de toda la información recabada, para cada área tecnológica y 5) redacción de un Resumen Ejecutivo del APDTE 2018-19 con la síntesis de resultados del conjunto de las 13 áreas tecnológicas analizadas.

En este Anexo se recogen los resultados del Análisis del Potencial de Desarrollo de las Energías Marinas en España y se ha contado para ello con la colaboración de la Asociación de Empresas de Energías Renovables Marinas (APPA Marina).

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Perspectiva global de las Energías Marinas.....	5
1.2. Perspectivas de las energías marinas en la Unión Europea.....	6
1.3. Las energías marinas en España	8
1.4. Argumentos básicos para apoyar el despliegue de las Energías Marinas.....	9
1.5. Potencialidades de las energías marinas frente a una Transición Energética con Descarbonización de la Economía	10
1.6. Tipos de Apoyo que reivindica el sector de las Energías Marinas.....	11
2. POSICIONAMIENTO Y PERSPECTIVAS SOCIOECONÓMICAS DE LAS TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS MARINAS EN ESPAÑA	13
2.1. Economía y Empleo	13
2.1.1. Contribución al PIB y a la generación de empleo	13
2.1.2. Costes de las tecnologías energéticas marinas	15
2.1.3. Contabilidad de las externalidades de las energías marinas.....	20
2.2. Capacidad en ciencia, tecnología e innovación.....	22
2.2.1. Capacidades e infraestructuras de I+D+i.....	22
2.2.2. Posicionamiento tecnológico	27
2.2.3. Financiación obtenida por la tecnología	28
2.2.4. Patentes Españolas en tecnologías marinas.....	30
3. RETOS DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO	32
3.1. Retos de I+D+i en Energías Marinas.....	32
4. RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DEL GEVAL.....	36
5. REFERENCIAS Y CONTRIBUCIONES	41
5.1. Contribuciones y Expertos Participantes	41
5.2. Agradecimientos	41
5.3. Referencias Bibliográficas	42
5.4. Abreviaturas.....	43
5.5. Apéndices.....	46

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento es un análisis del potencial de desarrollo de las tecnologías marinas. Su alcance se circunscribe al objeto del grupo de la Asociación Española de Energías Renovables denominado APPA Marina, que incluye las energías oceánicas y la energía eólica marina.

Las energías oceánicas, en general, incluyen las siguientes tecnologías:

- Corrientes marinas asociadas a las mareas (aprovechamiento de la energía cinética contenida en las mismas, alta velocidad de fluido)
- Corrientes oceánicas intercontinentales o entre hemisferios
- Mareas (aprovechamiento de la energía potencial asociada a la subida y bajada del nivel del mar, alto caudal y baja velocidad de fluido)
- Oleaje o energía “undimotriz”
- Energía térmica oceánica o energía “maremotérmica”, (OTEC)
- Gradiente salino

En España la mayoría de las energías oceánicas citadas son prácticamente inexistentes, salvo la energía undimotriz, y en menor medida la energía de las corrientes. Por otra parte, en nuestro país el aprovechamiento de la energía eólica marina se limita a las soluciones flotantes, debido a la inexistencia de una plataforma continental que provoca que se alcancen rápidamente grandes profundidades.

Este documento se centrará fundamentalmente en las energías oceánicas, incluyendo también en menor grado la energía eólica offshore profunda.

El estado de desarrollo de las tecnologías marinas es variado. En el caso de la energía eólica offshore de baja profundidad se están construyendo plantas precomerciales, estando muy cercano su despliegue industrial. No es así con la energía eólica offshore profunda, que aún necesita un amplio desarrollo, principalmente en estructuras flotantes. En cuanto a las energías oceánicas, aun necesitan un esfuerzo importante de I+D y de diseño de prototipos, previamente a la demostración y desarrollo precomercial, siendo muy variadas las soluciones de dispositivos undimotrices y de energía de corrientes, cuya oportunidad debe adaptarse a cada región; los estudios de materiales y de comportamiento en ambiente marino agresivo tienen todavía un amplio recorrido para encontrar dispositivos fiables y económicos.

1.1. Perspectiva global de las Energías Marinas

Aunque las energías oceánicas están todavía en una fase de desarrollo prematuro, frente a las otras energías renovables que están en fases más avanzadas, como la eólica terrestre, la solar fotovoltaica, la solar termoeléctrica, la biomasa y la eólica marina de baja profundidad, presentan una buena perspectiva y será necesario contar con ellas para resolver la encrucijada energética, que supone descarbonizar de forma acelerada la generación y uso de la energía del planeta. Si bien es cierto que su contribución a corto y medio plazo será moderada.

El potencial de los recursos globales de las energías oceánicas alcanza un valor muy relevante, estimándose las siguientes cifras¹:

Undimotriz	44.000 TWh
Corrientes marinas	800 TWh
Mareomotriz	300 TWh
Gradiente térmico	10.000 TWh
Gradiente salino	2.000 TWh

TOTAL	57.100 TWh

que por sí mismas revelan su importancia, si consideramos que el consumo actual de electricidad en el mundo es de unos 20.000 TWh y se espera que llegue a unos 38.000 TWh en 2050. En el siguiente gráfico se indican los lugares del mundo en los que existe capacidad de obtención de estas energías.

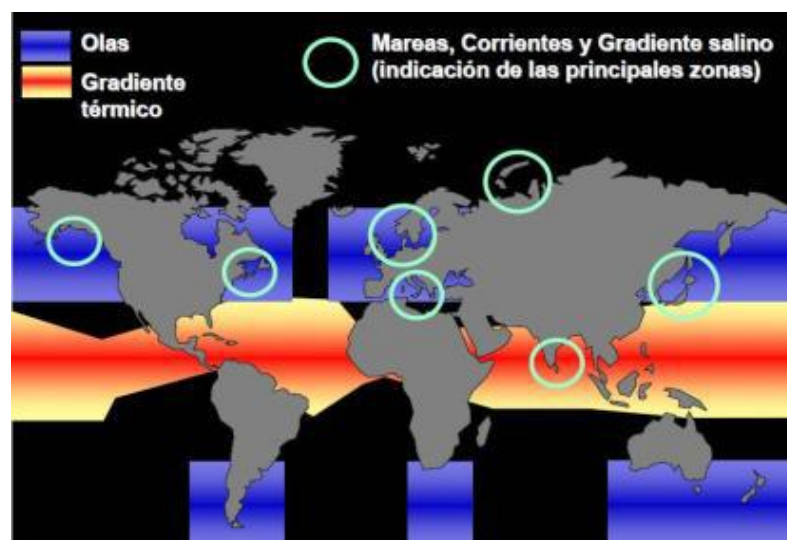


Figura 1 – Lugares de máximo potencial de olas, corrientes y gradiente térmico.

¹ Como referencia comparativa, el consumo global de electricidad en 2018 ha rondado los 23000 TWh (fuente: <https://yearbook.enerdata.net/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html>)

En el World Energy Outlook (WEO) de 2018, de la Agencia Internacional de la Energía, la predicción de generación eléctrica con energías oceánicas es de 3 TWh en 2020 y, para conseguir el objetivo de limitación de aumento de temperatura media del planeta a 2 °C, se prevé alcanzar los 93 TWh en 2040, con una potencia instalada en este año de 21 GW.

De acuerdo con las previsiones del programa de colaboración para Sistemas de Energía Oceánicas de la Agencia Internacional de la Energía (OES-IEA), existe la posibilidad de instalar 300 GW potenciales de energías de olas y corrientes marinas a nivel mundial hasta el año 2050 [1]. Dicho objetivo industrial, nada desdeñable, vendría además acompañado por beneficios complementarios como la creación de 680.000 empleos directos, la prevención de la emisión de 500 millones de toneladas de CO₂ y una inversión valorada en 29,6 miles de millones de euros [2].

Europa está a la cabeza del desarrollo de energías oceánicas, seguida de Estados Unidos, Canadá, Australia, Chile y Corea. En estos países se trabaja principalmente en energía undimotriz y de corrientes marinas. En energía eólica offshore es también líder Europa, tanto en eólica somera como profunda, con iniciativas relevantes de plantas prototipo y de demostración.

1.2. Perspectivas de las energías marinas en la Unión Europea

Se estima que, bajo un marco regulatorio y económico favorable, las energías marinas podrían suministrar el 10% de la demanda energética de la Unión Europea. Las energías marinas se presentan por tanto como un actor principal a la hora de abordar uno de los mayores desafíos actuales para la Unión Europea: la transición desde un sistema energético basado en la importación de combustibles fósiles hacia un sistema flexible e interconectado fundamentado en unos recursos domésticos limpios, renovables e inagotables [3].

La normativa y regulación europeas ya han sido capaces de facilitar la comercialización de una primera generación de tecnologías renovables, como por ejemplo la energía solar o eólica. Sin embargo, para que se puedan alcanzar los ambiciosos objetivos de reducción de gases de efecto invernadero (entre un 80% y un 95% por debajo de los niveles del año 1990) para 2050, la Unión Europea necesitará la contribución de otras tecnologías que permitan una mayor diversificación de la capacidad de generación “limpia” o baja en emisiones de CO₂ [3].

La industria de las energías oceánicas (fundamentalmente olas y corrientes marinas) es relativamente pequeña en comparación con el sector eólico offshore. De acuerdo con el informe sobre “*Blue Economy*” de la Comisión Europea [4], a finales de 2018 la potencia instalada a nivel mundial era de 55,8 MW, estando su mayoría localizada en aguas europeas (38,9 MW).

El desarrollo de las tecnologías de energía marina se encuentra principalmente aún en fase de I+D. En su mayor parte, este desarrollo ha sido financiado mediante contribución privada, si bien en los últimos años se ha vivido un incremento en la financiación pública, tanto a nivel nacional como europeo, como puede apreciarse en la Figura 2. Entre los años 2003 y 2017, el gasto en I+D en energías marinas alcanzó un valor acumulado de 3.500 millones €, proviniendo su mayoría (2.800 millones €) de fuentes privadas [4]. Es de reseñar el notable aumento en el interés en las energías marinas a partir del año 2008, como puede observarse en la Figura 2.

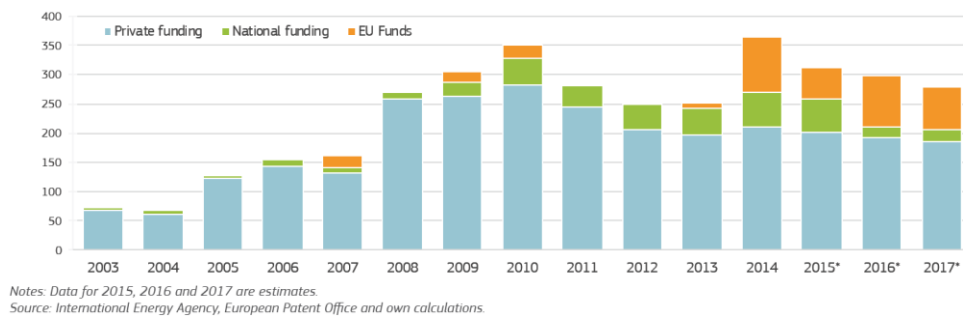


Figura 2 - Gasto en I+D en energías marinas (en millones de euros; tomada de [4]).

En el futuro más próximo, se espera un incremento significativo de la potencia instalada de energías marinas, debido a la continua evolución del desarrollo tecnológico en este tipo de energías. Ya ha sido anunciado un conjunto de proyectos en energía marina en torno a 5 GW hasta 2030 (ver Figura 3). Suponiendo unos valores de los costes de capital para el desarrollo de las energías marinas similares a los de la industria eólica offshore, la estimación de la inversión necesaria es de 18.000 millones € [4].

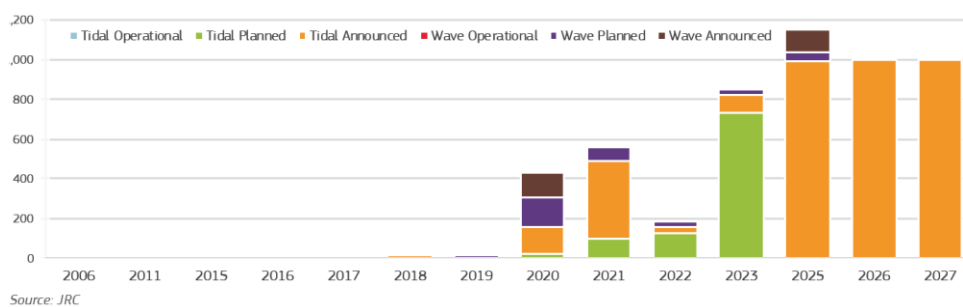


Figura 3 - Proyectos europeos en energías marinas (en MW; tomada de [4]).

Actualmente, el mercado para estas tecnologías se va conformando (con el impulso de las actividades de I+D) y más de 430 empresas europeas tienen ya un papel en la cadena de suministro de las energías marinas, con la creación aproximada de unos 2.250 empleos. La actividad de I+D en energías marinas afecta a más de 674 compañías europeas en 25 estados miembros [4].

Por todo lo expuesto, las energías marinas pueden convertirse en un caso de éxito industrial en la Unión Europea. Con un respaldo favorable durante la próxima década, Europa obtendría un liderazgo en el mercado mundial, valorado potencialmente en 653.000 millones de euros entre 2010 y 2050, y con un mercado anual valorado en hasta 53.000 millones de euros, convirtiéndose así en un gran beneficio para la economía europea [3].

1.3. Las energías marinas en España

En España existe un alto potencial para el desarrollo de la energía marina en la costa cantábrica, la costa atlántica y las Islas Canarias. El aprovechamiento de este recurso energético está estimado en más de 20.000 MW que contribuirían a la producción eléctrica nacional [5]. Actualmente existen diversas instalaciones experimentales.

Para que despegue comercialmente esta tecnología en nuestro país es necesario establecer una tarifa que refleje sus costes reales de explotación. Cantabria, País Vasco, Galicia, Asturias y Canarias, que ya están preparando trabajos experimentales relacionados con energía marina, son las comunidades autónomas que están liderando las investigaciones en nuestro país.

En concordancia con el excelente recurso de olas que dispone el litoral español, principalmente en el Cantábrico y algo menor en Canarias, la tecnología undimotriz (oleaje) es la que ha focalizado históricamente la actividad del tejido tecnológico español. Y como consecuencia de esta labor, contamos con la primera planta comercial de generación de energía a partir del oleaje en la Europa continental: el proyecto de Mutriku (Guipúzcoa) del Ente Vasco de Energía-EVE e IDAE, así como de varios dispositivos de tecnología española en fase de demostración en los distintos centros de pruebas que ya están operativos en distintos puntos nuestra geografía (BIMEPT, CEHIPAR, CENER, IHC, MCTS “El Bocal” y PLOCAN).

En los últimos años ha surgido también un interés científico-tecnológico y empresarial en otras tecnologías marinas como es el caso de la energía de las corrientes. A pesar de que el recurso proveniente de la energía de las corrientes no es tan abundante en España, existen dispositivos muy avanzados diseñados y ensamblados en nuestro país, principalmente para exportar tecnología al mercado internacional donde se está cerca de llegar a la fase comercial con proyectos muy prometedores en Reino Unido, Irlanda, Canadá o Francia.

Es importante destacar los avances tecnológicos que se van implementando gracias a los proyectos demostrativos que hay en marcha. Se están implementando proyectos de energías marinas en todo el mundo y en la próxima década comenzarán a contribuir al mix energético mundial de manera significativa.

Asimismo, está siendo fundamental la apuesta estratégica y el empuje de la Comisión Europea, a través de la *DG Mare* y la *Ocean Energy Europe*. Gracias a la iniciativa *BlueGrowth*², la Comisión ha publicado una hoja de ruta que elabora y desarrolla una estrategia en el ámbito de las energías marinas.

Por último, no olvidemos el impulso a nivel nacional de APPA Marina y de sus miembros, así como el apoyo autonómico y estatal para financiar y completar una red de centros de ensayos punteros a nivel internacional. De esta forma, podemos afirmar que se han sentado las bases para la consolidación de proyectos nacionales en el ámbito de las renovables marinas.

En este sentido, el sector de las energías renovables marinas trabaja activamente para conseguir mejoras tecnológicas, acceso a financiación y respaldo político e institucional, tanto a nivel nacional como internacional.

Marco regulatorio

El marco regulatorio de la energía marina viene determinado por diversas leyes de las que deberíamos destacar el RD 1028/2007, que establece el procedimiento administrativo de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial [6].

La norma más reciente asociada con este sector es el Real Decreto-ley 15/2018, que establece medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores, y el Real Decreto 244/2019, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

De forma general, la regulación del sector energético renovable sigue un esquema normativo que se basa principalmente en el Real Decreto-Ley 9/2013, en el que se adoptaron medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sector eléctrico; en la Ley 24/2013 de Sector Eléctrico, que fijó las bases para la regulación del régimen económico de las renovables; y en el Real Decreto 413/2014, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. Esta normativa se complementa con distintas reglamentaciones que regulan aspectos más específicos y concretos de esta actividad.

1.4. Argumentos básicos para apoyar el despliegue de las Energías Marinas.

El sector de las energías marinas presenta una serie de fortalezas que lo sitúan en una posición relevante en el panorama energético nacional e internacional. Algunas de estas fortalezas son las siguientes:

² https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/blue_growth_es

- Se trata de una tecnología renovable y limpia.
- Ayuda en la reducción de CO₂ y gases de efecto invernadero y la consecución de los objetivos tanto nacionales como europeos y mundiales al respecto.
- Existe mayor nivel de previsibilidad del recurso que con otro tipo de tecnologías renovables como la eólica o solar.
- Contribuye a la reducción de la dependencia energética y al aumento de la seguridad de suministro, diversificando además el mix energético de generación.
- Consiste en una gran fuente potencial de energía en países de grandes líneas de costa, como es el caso de España.
- Supone una alternativa de generación de especial interés socioeconómico para islas y archipiélagos, donde el precio de la electricidad suele ser muy elevado y en muchas ocasiones no hay mejores alternativas energéticas.
- Además de la generación de electricidad, puede utilizarse este recurso para aplicación directa en sistemas de desalinización o generación de hidrógeno, como vector energético.
- Permiten integración y co-localización con otros usos del mar como acuicultura, sector del gas y el petróleo, eólica offshore, rompeolas, etc.
- Supone una buena oportunidad para el posicionamiento de España como líder a nivel mundial, con oportunidades de creación de empleo y valor añadido mediante la creación de una industria competitiva y una cadena de suministro nacional.

1.5. Potencialidades de las energías marinas frente a una Transición Energética con Descarbonización de la Economía

La Europa que conocemos hoy en día ha de cambiar considerablemente para poder alcanzar los objetivos de emisiones netas nulas de CO₂ en 2050 anunciados por la Comisión Europea [7]. Como se anticipaba en la sección 1.2, para la consecución de estos objetivos, la Unión Europea va a necesitar de la diversificación de su mix energético y de la incorporación de fuentes de generación renovable alternativas. Una mayor parte de la economía estará “electrificada”, con una generación vertebrada por las energías eólica y solar. La penetración de las energías renovables alcanzará valores de hasta el 80 – 100 % de la generación [8, 9].

La regulación europea ya ha desarrollado mecanismos para facilitar el desarrollo y la comercialización de las energías solar y eólica. Sin embargo, cualquier aportación de nuevos recursos energéticos es bienvenida, ya que el objetivo de alcanzar un nivel de emisión de gases de efecto invernadero entre un 80 y un 95% por debajo de los niveles del año 1990 para 2050 resulta extremadamente ambicioso. En este sentido, la Unión Europea siempre está abierta a la incorporación de otras tecnologías que aporten una reducción de emisiones de CO₂ [3].

Como se ha dicho en el apartado 1.1 en relación con la energía renovable marina, se estima que en 2050, se podrían instalar hasta 300 GW de este tipo de energías a nivel mundial. 100 de esos 300 GW (equivalente a la producción hidroeléctrica actual) servirían para abastecer el 10 % del consumo energético de Europa [10].

Para hacer posible este escenario en 2050, serán necesarias fuentes de generación eléctrica flexible, o tecnologías complementarias como el almacenamiento de energía o nuevos esquemas de operación dentro de los sistemas de potencia, para poder acomodar la variabilidad asociada a la alta contribución renovable a la estabilidad de las redes eléctricas. La energía de las corrientes marinas y la energía undimotriz aportan producción de forma independiente y en general desacoplada a las energías eólica y solar, con lo que, considerándose de forma combinada, suponen una fuente de compensación de la variabilidad de renovables [9].

En el caso particular de las mareas, al estar originada por la Luna, la energía (tanto a partir de corrientes como de energía potencial) es 100 % predecible, incluso con años de adelanto. Se puede predecir asimismo el oleaje con gran precisión al estar causado por el viento y persistir una vez éste ha cesado. Por otro lado, las energías maremotérmica y de gradiente salino pueden generar energía ininterrumpida de forma totalmente gestionable, ya que permite una regulación completa del recurso [9].

En resumen, debido a su perfil de producción, las energías marinas presentan un gran valor conforme Europa avanza en su transición energética hacia un escenario con una mayor penetración de energías renovables variables, con la vista puesta además en la funcionalidad y seguridad dentro de los sistemas eléctricos.

1.6. Tipos de Apoyo que reivindica el sector de las Energías Marinas

En el pasado, se ha solido asociar el desarrollo de las energías marinas a elevados costes de capital (CAPEX), elevados costes operativos (OPEX), bajos valores de factor de capacidad y baja fiabilidad de los dispositivos. Por este motivo, la generación eléctrica a partir de energías marinas es muy limitada, está en una fase preliminar y no supone un impacto relevante en la producción europea eléctrica global [11]. Esta es la razón también de que la aportación significativa de las energías marinas se espere para más allá de 2030, excepción hecha de la eólica offshore profunda, que podría tener un desarrollo más rápido en los próximos años.

Pese a que las cuestiones tecnológicas han sido identificadas y en gran medida se ha avanzado en su madurez, el principal problema está en la fiabilidad de la tecnología bajo unas condiciones de operación muy exigentes. Además, la penetración de las energías marinas se ve lastrada por barreras del mercado y de infraestructura.

Entre los posibles instrumentos políticos y regulatorios de apoyo a las energías marinas se incluyen tanto mecanismos de impulso tecnológico (“*technology push*”) como de demanda de mercado (“*market pull*”) tales como fondos de seguro de riesgo, primas de generación (*feed-in tariffs* y *feed-in-premiums*), certificados negociables y préstamos bonificados [11].

A día de hoy, sólo unos pocos estados miembros de la UE han desarrollado mecanismos de demanda de mercado para apoyar a las energías marinas. Países como Finlandia, Portugal y España han incluido estas tecnologías en sus planes de acción de energías renovables nacionales, pero no han desarrollado sistema de soporte del mercado alguno.

Por estos motivos, desde el sector se considera que el gobierno español debería considerar un amplio programa de energías marinas a nivel nacional, considerando diferentes ángulos: políticas energéticas, industriales y de innovación. Las demandas del sector pueden resumirse en:

1. **Una cartera política de proyectos precisos y ambiciosos** (400-500 MW a 2025), dividida en 3 tecnologías: olas, mareas y eólica flotante.
2. **Financiación de las energías marinas a través de instrumentos que faciliten las inversiones:** que el apoyo político nacional, regional y local se vea traducido en diferentes mecanismos para permitir la aceleración del despliegue comercial. Algunos ejemplos podrían ser los fondos del Programa Marco FP9 / Horizonte 2020, el Fondo de Innovación, InnovFin Energy Demo, fondos del Banco Europeo de Inversiones o fondos de garantía del IDAE.
3. **Identificar las energías marinas renovables como una parte clave de la Estrategia Industrial.**
4. **Presupuesto para Investigación + desarrollo + innovación adecuado al objetivo propuesto**
5. **Crear cultura como país, orgulloso de su capacidad renovable,.**

2. POSICIONAMIENTO Y PERSPECTIVAS SOCIOECONÓMICAS DE LAS TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS MARINAS EN ESPAÑA

2.1. Economía y Empleo

2.1.1. Contribución al PIB y a la generación de empleo

De acuerdo con el *Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España* del año 2017 elaborado por la Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA) [12], el sector de las energías marinas (olas y corrientes) aumentó sensiblemente su aportación al PIB nacional en 2017. En términos reales, el sector creció en el año 2017 un 4,6%. Con este aumento, alcanzó los 13,5 millones de euros. De la citada cifra, 10,5 millones correspondieron a contribución directa y 3,0 millones contribución inducida (ver Figura 4 y Figura 5).

Fuente: APPA Renovables

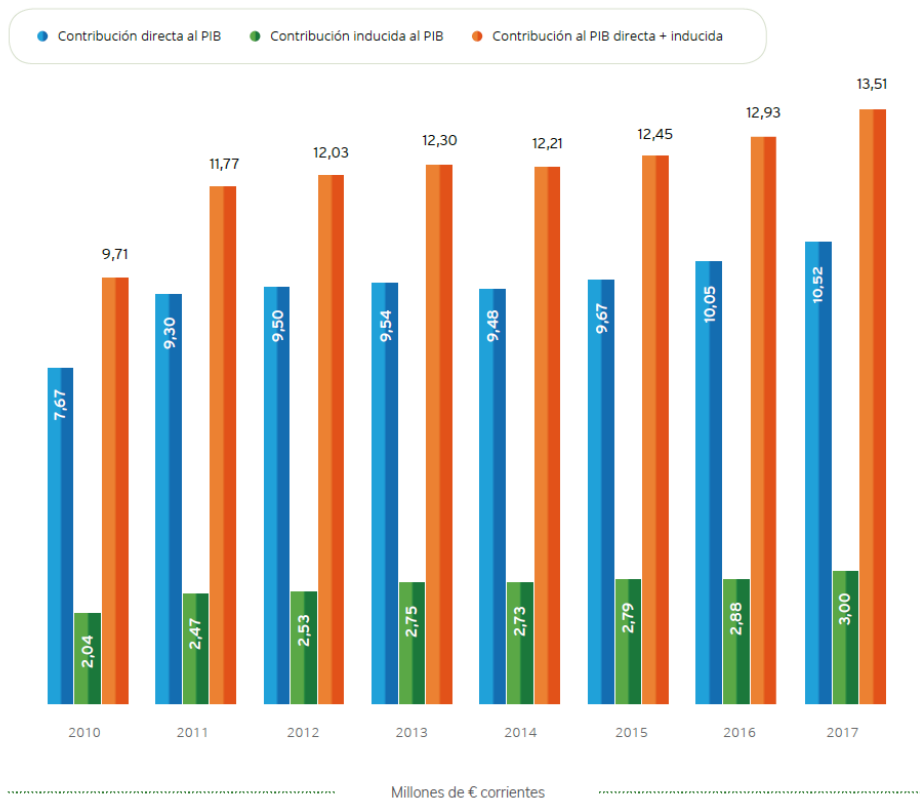


Figura 4 - Aportación al PIB del Sector de la Energía Marina (tomada de [12]).

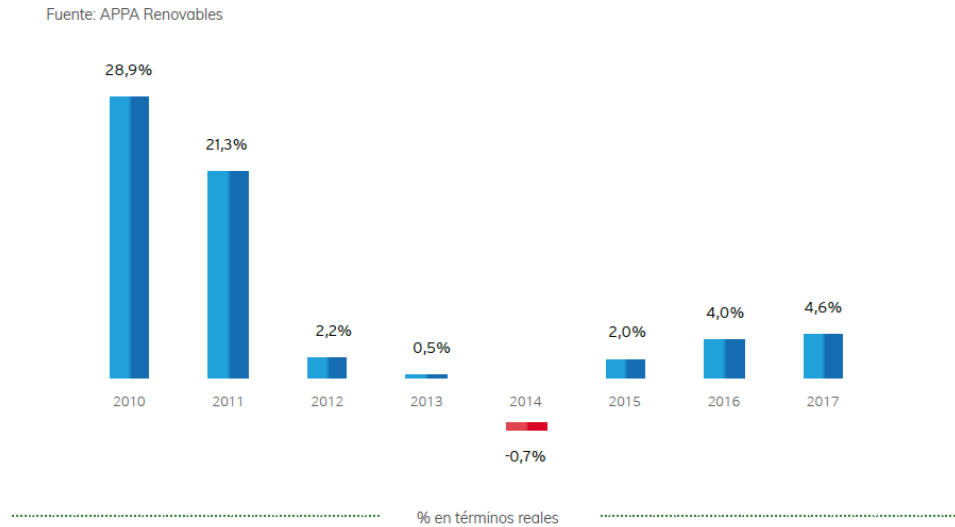


Figura 5 - Tasas de crecimiento del sector de la energía marina (tomada de [12]).

El sector de las energías marinas (olas y corrientes fundamentalmente) está dando grandes pasos para dejar de ser un sector incipiente y consolidarse como una alternativa real en el corto y medio plazo. Gracias al gran esfuerzo tecnológico y empresarial que vienen desarrollando los agentes públicos y privados en la última década, comienzan a vislumbrarse los primeros parques demostrativos en las zonas de ensayo diseñadas *ex professo*. Es cierto que, todavía, gran parte del empleo que genera está directamente asociado a la actividad tecnológica y de I+D+i pero empieza a ser considerable la actividad industrial relacionada, tan necesaria para alcanzar la comercialización de las distintas tecnologías marinas.

Podemos afirmar, por tanto, que el cambio de tendencia es una realidad y que hemos dejado atrás la ralentización que sufrió el sector en el pasado como consecuencia del delicado contexto socioeconómico. Los datos de 2017 vuelven a mostrar un apreciable crecimiento en el sector de las energías marinas por lo que continuamos en la senda positiva y esperanzadora de los últimos años.

Tal y como estiman todos los informes de los organismos internacionales, el sector de las energías marinas crecerá considerablemente a medio y largo plazo, por lo que es previsible que se produzca un aumento en su aportación al PIB, así como la creación de empleo cualificado asociado a estas tecnologías.

El empleo en el sector de las energías marinas alcanzó en 2017 un total de 332 puestos de trabajo (ver Figura 6). De esta cifra, 220 empleos fueron directos y 111 inducidos, lo que supone un aumento del 2,47 % respecto a 2016. Se aprecia que el sector se ha estabilizado por encima de los 300 empleos y que, además, marca su máximo en la serie analizada. Como ya hemos indicado, a día de hoy el sector de las energías marinas tiene un alto componente tecnológico e innovador, por lo que la mayoría del empleo que genera es muy cualificado y desarrolla, principalmente, actividades de I+D+i.

Fuente: APPA Renovables

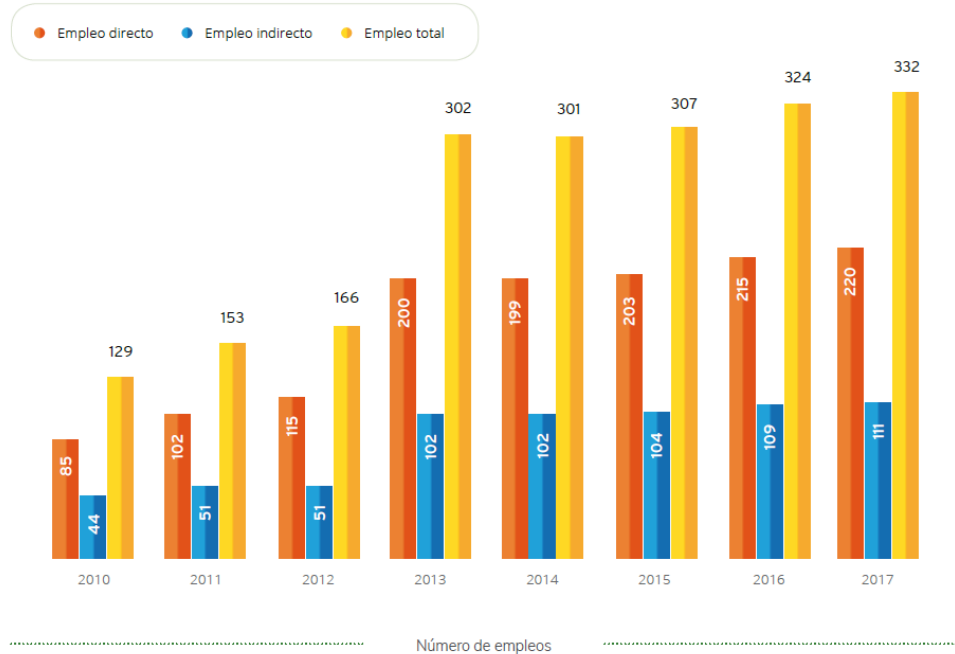


Figura 6 - Empleo directo e indirecto del sector de la energía marina (tomada de [12]).

El reto es ambicioso pero perfectamente viable: convertirnos en uno de los principales polos científico-tecnológico-industrial a nivel europeo en el ámbito no sólo de las energías oceánicas, sino de las energías renovables marinas en general. Como ha quedado demostrado en algunos de los proyectos implementados a nivel internacional, la capacidad tecnológica, industrial y naval española está plenamente capacitada para tener un papel protagonista en este prometedor sector.

2.1.2. Costes de las tecnologías energéticas marinas

El desarrollo tecnológico es fundamental para asegurar que las tecnologías de energía marina puedan llegar a ser competitivas frente a las fuentes de energía tanto alternativas como convencionales a largo plazo [13]. En los últimos años, las energías marinas se han encontrado rezagadas en cuanto a costes (LCOE) frente a otras tecnologías más establecidas, como se aprecia en la Figura 7 (costes de 2014).

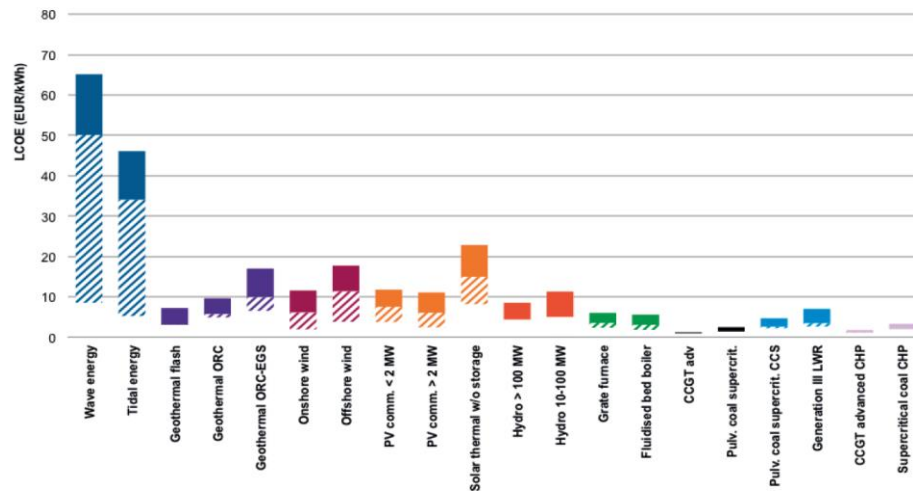


Figura 7 - LCOE para tecnologías energéticas alternativas y convencionales (véase olas y corrientes en 1^{er} y 2^o lugar por la izquierda respectivamente). Cálculos basados en ETRI 2014 (figura tomada de [13]).

Sin embargo, los crecientes esfuerzos en I+D+i y proyectos de demostración en los últimos años han permitido abordar parte de los numerosos obstáculos tecnológicos que impiden un desarrollo más acelerado. Si bien el éxito en el avance del sector dependerá en gran medida de la implementación y puesta en marcha de políticas e instrumentos de financiación, ahora la industria de la energía marina dispone de una visión más clara de sus necesidades, desde un punto de vista tecnológico, para asegurar su desarrollo en el mercado. Esto ha permitido asimismo la definición de objetivos y hojas de ruta para la reducción de costes de cara a futuro.

Así, por ejemplo, a nivel europeo se ha identificado un potencial de reducción de costes, en la generación de electricidad, hasta alcanzar los siguientes objetivos [3] [14]:

- La energía eléctrica de corrientes podría llegar a 10 c€/kWh en 2030.
- La electricidad de olas podría llegar a 10 c€/kWh en 2035.
- El gradiente salino podría llegar a 8 c€/kWh en 2025.
- La energía de mareas podría llegar a 13 c€/kWh en 2025.
- La energía OTEC podría llegar a 15-20 c€/kWh en 2025.

Parte de estos objetivos se derivan de un **estudio** realizado por OES-IEA en 2014 y publicado en mayo de 2015 [15], que recopiló el **estado del arte** en cuanto a conocimiento **sobre costes ponderados de la electricidad (LCOE)** de las energías marinas y **sus potenciales reducciones** para la energía de olas, corrientes y OTEC. Se realizó una consulta internacional a la industria, recopilando la mayoría de los modelos de costes disponibles para las diferentes tecnologías de energía marina. Se construyó un modelo de costes basado en todos ellos, que fue usado para evaluar la evolución de las diferentes tecnologías según su fase de desarrollo. Las principales conclusiones fueron las siguientes [15]:

Energía de corrientes:

- Aunque ha habido convergencia hacia las turbinas de eje horizontal, aún existen discrepancias en cuanto a número de rotores, diámetro de los mismo y potencia nominal de los prototipos en fases iniciales. Muchos de los primeros tecnólogos en energía de corrientes marinas optaron por dispositivos del orden de MW o parques multi-MW. Sin embargo, actualmente numerosos desarrolladores están optando por diseños de menores potencias nominales.
- Los datos recopilados sugirieron que la tecnología de menor escala podría ofrecer un menor LCOE a corto plazo en los primeros proyectos, si bien se detectó convergencia en términos de LCOE una vez las tecnologías del orden de MW alcancen sus objetivos de comercialización y sus mayores potencias instaladas.
- Con el fin de alcanzar los objetivos nacionales, se prevé que a largo plazo se necesitará de la tecnología de gran escala (MW o multi-MW). Pese a ello, los programas a corto plazo se beneficiarán de las instalaciones en el lado bajo del espectro, que ofrecen mayores posibilidades de sinergias o simbiosis con otras industrias.
- En el informe [15], se presentaron los valores de CAPEX, OPEX y LCOE que los desarrolladores pretendían alcanzar con sus primeros proyectos comerciales (ver Figura 8). Es de esperar una reducción de costes continuada a medida que se vayan instalando parques a gran escala (ver Figura 9). Los objetivos comerciales descritos confirmaron que el sector de energía de corrientes necesitaría de un apoyo continuo y de mecanismos incentivos a medio plazo para permitir que los proyectos sean económicamente viables y financieramente atractivos, si bien el nivel de apoyo requerido podría verse reducido si las tecnologías alcanzan sus aspiraciones comerciales con anterioridad. Las tendencias de reducción de costes indicadas marcan la trayectoria que el sector de energía de corrientes ha de seguir para mantener un apoyo tanto público como privado positivo y continuado.

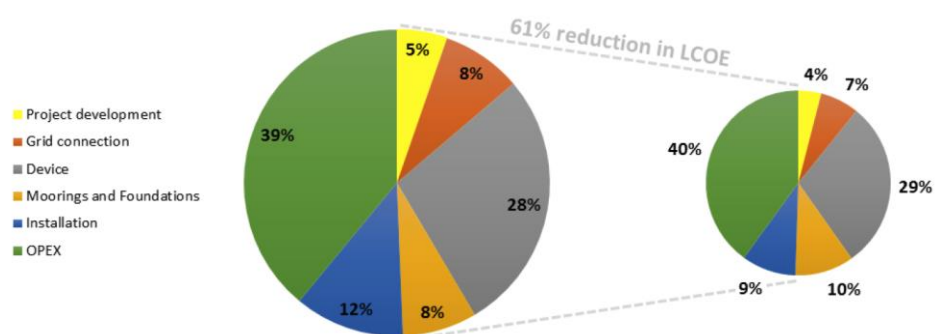


Figura 8 - Desglose del LCOE para energía de corrientes por categorías para el actual estado de desarrollo (izq.) y para el objetivo comercial (dcha.) [NOTA: el tamaño del círculo refleja la variación relativa de LCOE] (Figura tomada de [15]).

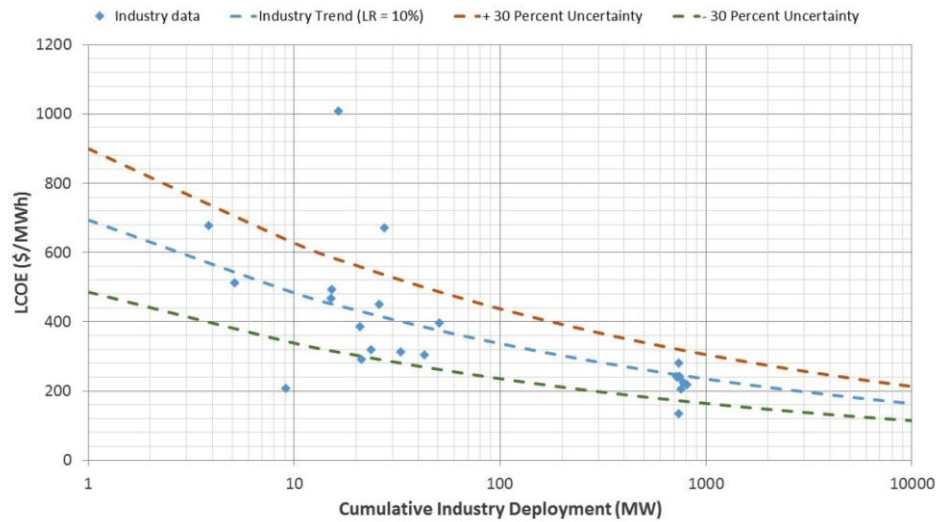


Figura 9 - Posibles tendencias de evolución de costes para el sector de la energía de corrientes (tomada de [15]).

Energía de olas/undimotriz:

- A diferencia de la energía de corrientes, aún no se ha alcanzado convergencia hacia un tipo de tecnología. Los desarrolladores están trabajando con conceptos muy diferentes y en muy diversos estados de madurez, lo cual conlleva gran dispersión en cuanto los datos de rendimiento y costes. Se hace difícil proporcionar un único valor (o incluso un rango estrecho) de estimaciones de LCOE para el sector, dada la diversidad de tecnologías y las incertidumbres asociadas [15].
- A escala comercial, los desarrolladores anticipan un rápido descenso en el LCOE debido al aprendizaje, al I+D+i y a las economías de escala, llegando a alcanzarse valores de 100-300 \$/MWh (90-270 €/MWh). En el futuro, la energía de las olas podría seguir reduciendo sus costes a gran velocidad con un aumento de la potencia instalada, alcanzando niveles competitivos de LCOE tras uno o unos pocos GWs de potencia instalada (nótese que la energía de las olas podría llegar a centenares de GW instalados si la tecnología se hace competitiva).

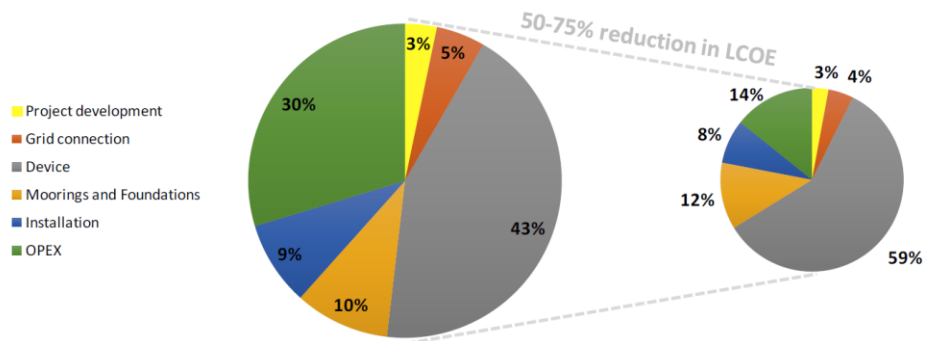


Figura 10 - Desglose de LCOE para energía de olas por categorías para el actual estado de desarrollo (izq.) y para el objetivo comercial (dcha.) [NOTA: el tamaño del círculo refleja la variación relativa de LCOE] (Figura tomada de [15]).

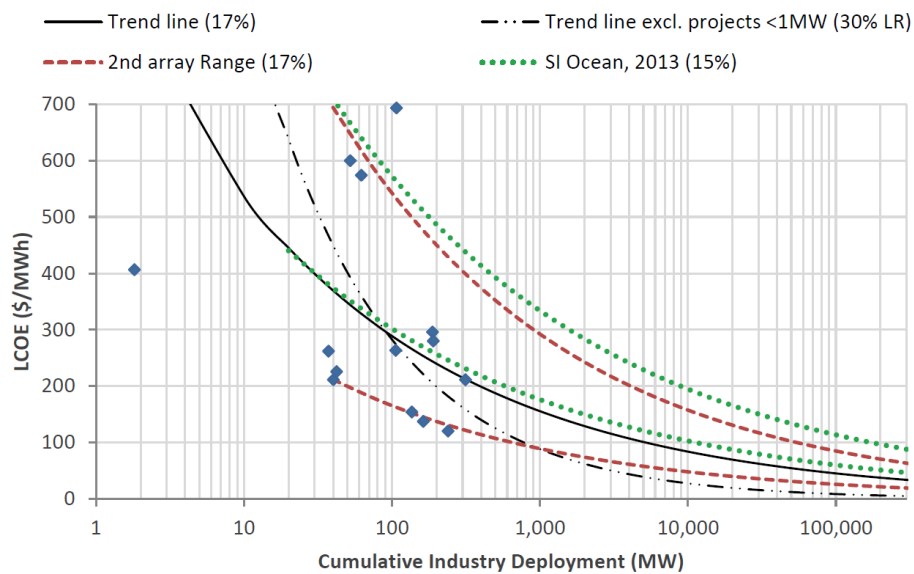


Figura 11 - Posibles tendencias de evolución de costes para el sector de la energía de olas obtenidas a partir de las respuestas a la encuesta. Se presentan también las curvas del informe de SI Ocean [16]. Los rombos azules representan puntos proporcionados por los desarrolladores (tomada de [15]).

- Un esfuerzo colaborativo en profundidad sería clave para ayudar al sector en su avance, compartiendo información no sensible comercialmente para construir una base de conocimiento, ayudar a reducir las incertidumbres y los costes, y para mejorar la fiabilidad, disponibilidad y el rendimiento. Todo esto contribuiría a fin de cuentas a entender cuáles son los factores que realmente influyen en los costes y cómo avanzar a lo largo de una trayectoria de reducción de los mismos.

En la actualidad, este trabajo de caracterización de costes del sector está siendo revisado, y se prevé la publicación de un informe actualizado en los próximos meses [17].

2.1.3. Contabilidad de las externalidades de las energías marinas

Para poder llevar a cabo una comparación objetiva con las fuentes de energía alternativas (p.ej. fósiles), es necesaria una ampliación de la evaluación meramente tecno-económica que realizan los modelos de LCOE. Una perspectiva global debería reflejar otros factores como: efectos sobre el empleo, costes de transmisión, costes asociados a la variabilidad del recurso, cuestiones políticas, efectos medioambientales y efectos sociales, además del citado modelo LCOE.

Uno de los principales problemas a la hora de comparar diferentes tecnologías de generación es la cuantificación de las externalidades. Un ejemplo de un intento de este tipo de evaluaciones sería el modelo socio-económico desarrollado por Siemens [18], quienes a la hora de comparar la energía eólica offshore con formas de producción de electricidad tradicionales cuantificaron en un ratio coste/beneficio factores como:

- Coste ponderado de la electricidad generada sobre la vida de la instalación (LCOE).
- Subvenciones.
- Costes de transmisión, debido a las necesidades de refuerzo de la red en los niveles de transmisión o distribución.
- Costes de variabilidad, asociados a las plantas de apoyo o *back-up* que compensan la variabilidad de los recursos renovables.
- Efectos sociales, relacionados con el impacto sobre el valor de las propiedades cercanas a las plantas de generación.
- Efectos de empleo, que consideran la generación de empleo y el impacto sobre el PIB.
- Impacto en el riesgo geopolítico, esto es, la dependencia de importaciones de petróleo y gas y el riesgo de futuros incrementos en el precio de los combustibles.
- Impacto medioambiental, para reflejar de manera razonable los impactos intermedios y a largo plazo de las emisiones de efecto invernadero.

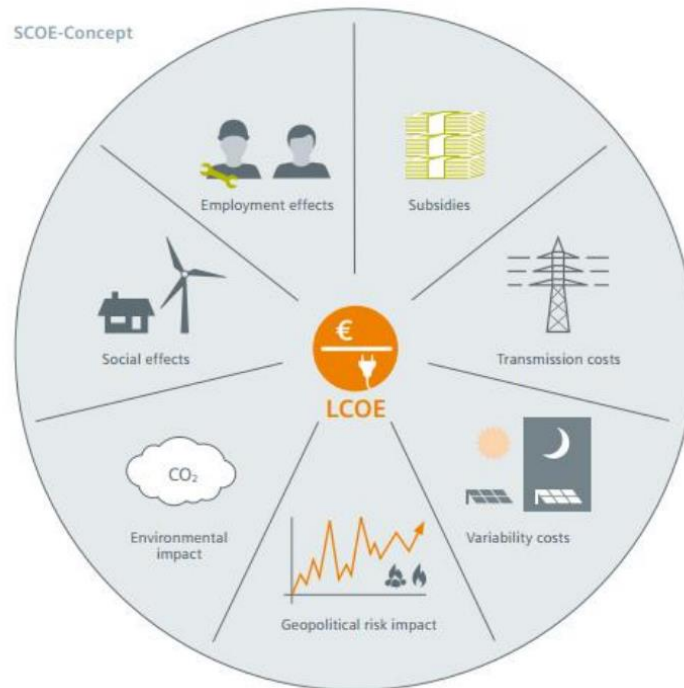


Figura 12 - Factores de relevancia para la sociedad en el modelo socio-económico SCOE de Siemens (tomada de [18]).

Este tipo de análisis socio-económico se ha extendido al sector de las energías marinas, existiendo ya algunos ejemplos al respecto [19] [20] [21].

Externalidades de las energías marinas: el caso español

Las principales externalidades asociadas al sector de las energías marinas pueden clasificarse en:

Creación de un tejido tecnológico e industrial. Exportación de tecnología: desde las patentes y el conocimiento conceptual hasta el suministro, instalación y mantenimiento, se necesitará una gran cadena de valor de bienes y servicios vinculados a estas energías, y España fue o está siendo actualmente líder en algunos de ellos.

Sinergias con otros sectores: naval, oceánico, portuario e industrial. Solo en Europa, la industria de la energía oceánica planea desarrollar 100 GW de capacidad de producción para 2050, satisfaciendo el 10% de la demanda de electricidad. España, con 8.000 km de costas y 46 puertos nacionales, cuenta con una posición privilegiada por su ubicación geográfica para estas energías. El sector marítimo español mueve 200.000 millones de euros y cuenta con más de 1 millón de empleados, lo que equivale al 20% del PIB del país y el 5,84% del empleo.

Energéticas - transición energética y objetivos energéticos: España tiene un objetivo, para 2030, del 42% de renovables sobre el consumo de energía final y del 74% renovable en generación eléctrica³. Se espera que el despliegue de generación eléctrica con energías marinas alcance, en la UE, los 100 GW para 2050.

Ambientales: objetivos ambientales, descarbonización de la economía: Reducción significativa de las emisiones de CO₂, en nuestro compromiso con la descarbonización de la economía y la lucha contra el cambio climático para los compromisos establecidos para 2030/2050

Otros: las energías marinas significarán mayor riqueza para el país en términos de competitividad económica, creación de empleo, seguridad energética y reducción de las emisiones de CO₂. Desarrollar estas tecnologías, aportarán valor al país en aspectos como:

- a. Mayor nivel de empleo e creación del valor local mediante la creación de una industria competitiva y una cadena de suministro nacional.
- b. Mejora de la seguridad de suministro, diversificando el mix energético, reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles que provienen en su mayoría de otros países (independencia geoestratégica de la energía).

2.2. Capacidad en ciencia, tecnología e innovación

2.2.1. Capacidades e infraestructuras de I+D+i

En los últimos años, las energías marinas han experimentado un progreso significativo en España con la consolidación de 3 infraestructuras experimentales principales de I+D+i asociadas a las energías marinas que se describen a continuación:

- **Biscay Marine Energy Platform (BIMEP)**

La plataforma de energías marinas de Vizcaya (BiMEP), situada frente a la costa de Armintza, es una instalación en mar abierto que permite el desarrollo y pruebas técnicas, así como la demostración de prototipos de energías marinas a escala real. Permite ensayos de prototipos de captadores de energías marinas y equipamiento auxiliar en mar abierto. Operando desde junio de 2015, BiMEP, ofrece a los desarrolladores de tecnología un área con un recurso de olas y viento adecuado para la demostración de la viabilidad técnica y económica de los distintos conceptos, así como su seguridad antes de pasar a un estado comercial a escala real [22].

³ Según el actual borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima para España: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/spain_draftnecp.pdf

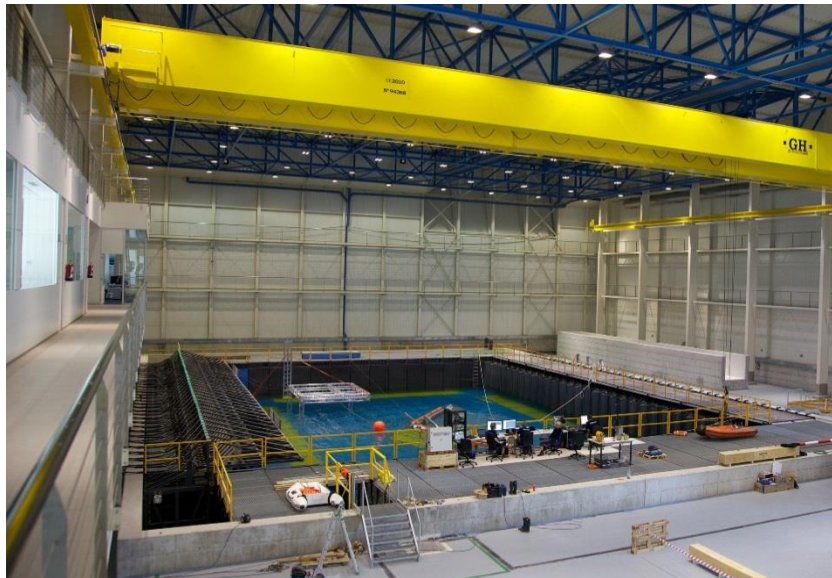


Figura 14 -. Tanque de oleaje del IHLab en Cantabria.

- **Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN)**



Figura 15. Vista de la plataforma oceánica de Canarias (PLOCAN)

La plataforma oceánica de Canarias (PLOCAN) es una iniciativa conjunta entre el gobierno central de España y el autonómico de las Islas Canarias, con ayudas de fondos FEDER. Representa un centro de servicios multipropósito para apoyar la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación en los sectores marítimos y marinos. Su misión es promover la observación y la sostenibilidad de los océanos, proporcionando servicios como lugares de ensayo, observatorios, base para vehículos submarinos y formación.

Esta localización dispone de un área de 23 km² al norte de la costa de Gran Canaria que alcanza profundidades de hasta 600 m.

Desde 2018 PLOCAN dispone de una infraestructura de potencia eléctrica que permite 15 MW y de comunicaciones submarinas entre la costa y la plataforma. Consiste en dos cables de potencia de, aproximadamente 2 km, instalados a 40m de profundidad, con una tensión de 13.2 kV_{ac}. Además, se dispone de un cableado de 400V para la alimentación de servicios auxiliares y de cable de fibra óptica para comunicaciones.

Además, existen otros laboratorios que tienen un interés especial por el tipo de desarrollos que pueden llevarse a cabo en ellos en relación con el entorno marino:

- **Laboratorio *Offshore* versátil para la validación de componentes en entorno marino (HARSHLAB)**

HARSH LAB

- ① Análisis de muestras y ensayo de componentes en zona atmosférica.
- ② Análisis de muestras y ensayo de componentes en zona splash.
- ③ Análisis de muestras y ensayo de componentes en zona confinada.
- ④ Análisis de muestras y ensayo de componentes en zona de inmersión.
- ⑤ Ensayo de risers, umbilicales y conectores submarinos.
- ⑥ Ensayo de sistemas o componentes de fondeo.
- ⑦ Análisis de muestras y ensayo de componentes en fondo marino.

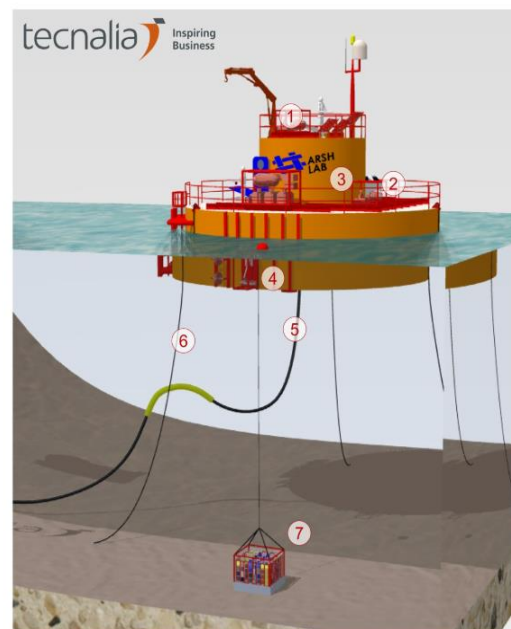


Figura 16. Capacidades del Harsh Lab para validación de componentes.

- **Marine Corrosion Test Site El Bocal (MCTS El Bocal)**



Figura 17. Centro de ensayos en El Bocal, para corrosión de componentes en ambiente marino.

Otras capacidades de I+D+i identificadas en España

Además de las instalaciones de ensayo, las capacidades de I+D+i para el desarrollo de energías marinas se encuentran los centros tecnológicos, los centros de investigación y las Universidades.

Entre estos los de **grupos de investigación** o centros **españoles** identificados en este sentido están:

El centro tecnológico **Tecnalia**, el centro tecnológico de componentes de Cantabria (**CTC**), el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (**CIEMAT**) o el Instituto Canario de Ciencias Marinas (**ICCM**). También las agencias: **FAEN**, **EVE**, **IDAE**, **clúster vasco de la energía/olas** o **APPA Marina**.

Entre las **empresas tecnológicas** que han tenido o tienen una cierta actividad de I+D+i están⁴: **Rotary Wave**, **Arrecife**, **Energy Systems Magallanes Renovables**, **Wedge Global**, **Oceantec Energías Marinas (IDOM)** e **Iberdrola**.

⁴ Fuente EC-Study on Lessons for Ocean Energy Development:
http://publications.europa.eu/resource/cellar/3a4f6411-6777-11e7-b2f2-01aa75ed71a1.0001.01/DOC_1

Algunas empresas que tuvieron actividad de I+D+i en energías marinas en el pasado (aunque no la tienen actualmente) son: PIPO Systems, Hhidroflot, Abencis Seapower, Abengoa, Galicia Mar Renovables, ...

2.2.2. Posicionamiento tecnológico

Aparte del desarrollo de las infraestructuras de ensayo, a lo largo de los últimos años España también ha sido testigo de diversos proyectos de desarrollo tecnológico en energías marinas realizados por organismos y empresas nacionales en diversos estadios de desarrollo (desde el I+D inicial hasta proyectos de demostración), entre los que cabe destacar:

Los desarrolladores nacionales actuales en energía undimotriz parecen decantarse por tres tipos de tecnologías principales: absorbedores puntuales, sistemas flotantes con PTOs (tomas de fuerza) rotativos y sistemas de columna de agua oscilante o OWC. Algunos de los tecnólogos actuales más destacados y sus dispositivos se recogen en la Tabla 2 de proyectos del punto 2.2.3.

Además de los tecnólogos en energía de olas activos en el presente, también conviene reseñar el valor del trabajo y la generación de conocimiento llevada a cabo por otras compañías nacionales en el pasado, como por ejemplo Abengoa Seapower, el consorcio Iberdrola – Ocean Power Technologies, Abencis Seapower, la asturiana Hidroflot, la catalana PIPO Systems o la gallega Galicia Mar Renovables. Por su parte, Iberdrola también participó en la tecnología británica Pelamis a través de su filial Scottish Power.

En cuanto a energía de corrientes, en la actualidad destaca la compañía Magallanes Renovables, quien ha desarrollado un sistema flotante de turbina de eje horizontal para el aprovechamiento de la energía de las corrientes marinas, con una potencia de 2 MW, que ha sido ensayado en mar abierto en 2019 en el centro europeo de energía marina EMEC en las Islas Orcadas (Escocia, Reino Unido).

En la mayoría de los casos, el sector de las energías marinas en España es capaz de contribuir en toda la cadena de suministro (especialmente en la parte de ingeniería, fabricación y construcción), dadas las sinergias con sectores ya establecidos como el naval o el eólico offshore.

Otro actor nacional de relevancia es la sección marina de la Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA), que fue fundada en mayo de 2006 con el objetivo de promover un marco jurídico adecuado y un desarrollo tecnológico asociado que permitiese lograr una relevancia considerable de la energía marina en la producción energética renovable en el año 2020. En la actualidad está compuesta por cerca de veinte empresas interesadas en el aprovechamiento de los recursos energéticos de nuestros mares, y continúa trabajando para sentar las bases del desarrollo de esta tecnología en España.

2.2.3. Financiación obtenida por la tecnología

En el estudio de mercado de la energía oceánica publicado en 2018 por la Comisión Europea [25] se analizó la financiación obtenida por proyectos de energías marinas en los últimos años.

A nivel mundial, entre 1978 y 2017 se estima que se han invertido 6.000 millones de euros en proyectos de energías marinas. Esta cifra excluye proyectos de I+D+i que no condujeron a desarrollos tecnológicos, inversiones en infraestructuras como centro de ensayo y la inversión privada interna en las propias compañías. La mayor parte de la inversión proviene de fuentes privadas (81%), mientras que **las subvenciones representan alrededor de 900 millones de euros, de los cuales la energía de mareas representa casi el 50%** [25]. La Figura 18 muestra cómo se desglosa la financiación según el tipo de tecnología de energía marina.

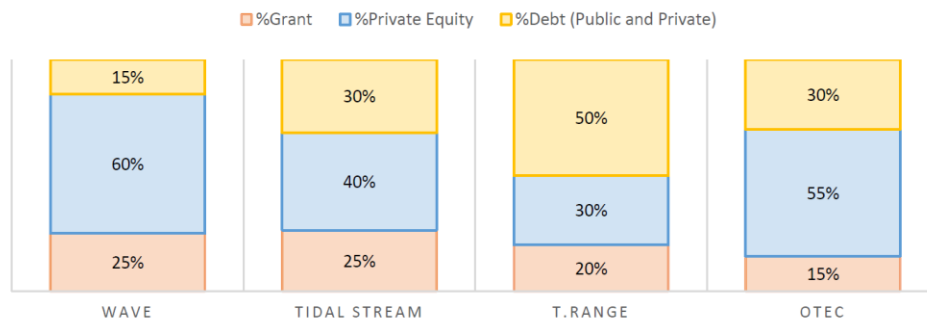


Figura 18 - Desglose típico de la financiación en función del tipo de tecnología (tomada de [25]).

Se estima que **la Comisión Europea**, por su parte, ha proporcionado **190 M€ en I+D+i desde 2004**, con un desglose como el mostrado en la **¡Error! o se encuentra el origen de la referencia..**

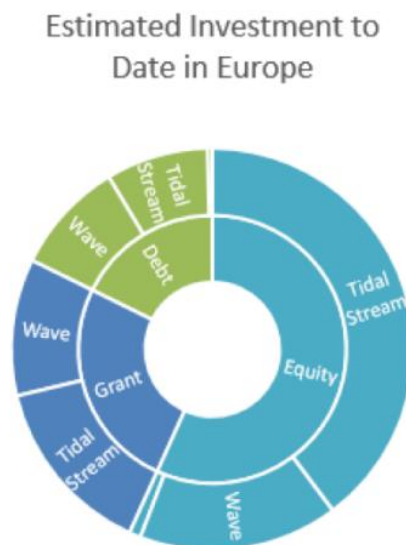


Figura 19 - Inversión directa estimada hasta la actualidad (tomada de [25]).

En el citado informe, también se trató de responder a la cuestión acerca de cuánta financiación pública y privada se ha puesto a disposición del sector de las energías marinas en la UE en los últimos años. Si bien es relativamente sencillo recopilar los datos acerca de ciertos programas financiados por la UE (p.ej. FP7, Horizonte 2020, *Interreg*; ver Tabla 1), no es tan fácil dar una imagen completa de la financiación pública, al estar muchos programas manejados a nivel nacional, siendo la visibilidad acerca de las cantidades financiadas limitada y fraccionada.

Tabla 1 - Financiación de las energías marinas por medio de los programas FP7, H2020 e *Interreg* [25].

Programa UE	Periodo	Cantidad financiada
FP7	2008 a 2014	95,29 M€
H2020	2014 a junio 2017	171,44 M€
Interreg	2000 a 2017	21,07 M€

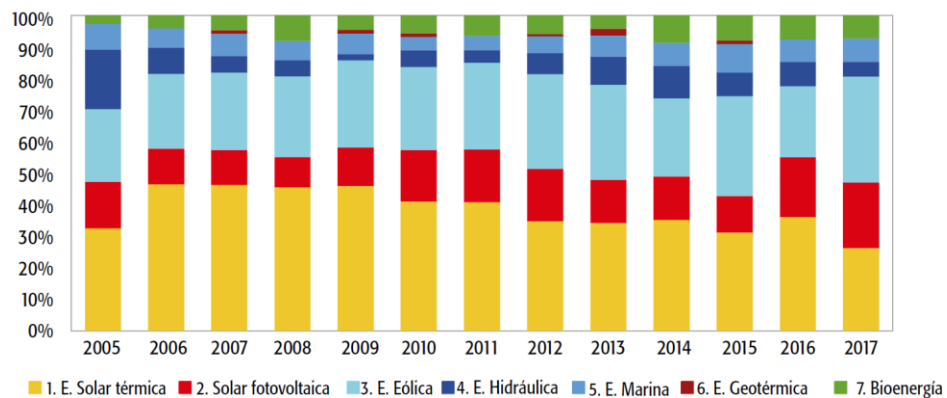
A nivel español, algunos ejemplos de las iniciativas de financiación pública regionales y nacionales más destacadas se recogen en la Tabla 2.

Tabla 2 - Financiación de las energías marinas por medio de programas nacionales/regionales en España (adaptada de [25]).

Región de ejecución	Proyecto	Cantidad financiada
País Vasco	Mutriku	2,3 M€
	bimep	22,0 M€
	Oceantec	2,5 M€
	Estrategia Energía Euskadi	1,1 M€, de los cuales cerca del 10% a energías marinas
	ICERMAR & ICERMAR2	0,6 M€ [26]
Canarias	PLOCAN	21,9 M€ (de los cuales 85% mediante fondos FEDER)
	WELCOME (PIPO Systems)	14,0 M€
	Innpacto Wave Energy (PIPO Systems)	5,7 M€ [27]
	UNDIGEN (Wedge Global)	2,3 M€ [28]
	UNDIGEN+ (Wedge Global)	0,3 M€ [29]
Galicia	Magallanes Renovables	1,9 M€ [30]
Comunidad Valenciana	Rotary Wave	0,3 M € [31]
Cantabria	SMARTWEC	0,4 M€ [32]

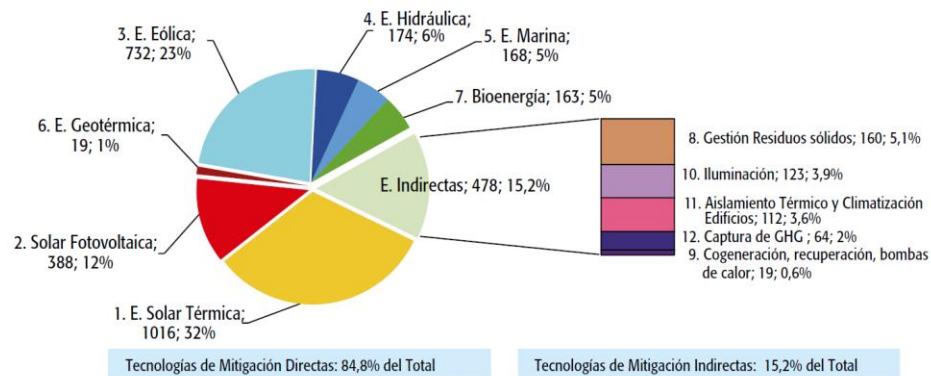
2.2.4. Patentes Españolas en tecnologías marinas

De acuerdo con la información de la Oficina Española de Patentes y Marcas sobre tecnologías de mitigación del cambio climático [33], en el periodo de 2005 a 2017, 168 solicitudes de invención correspondieron a las energías marinas, lo cual supone un 5,4 % del cómputo total para todas las renovables (ver Figura 20 y Figura 21). Si nos fijamos en el año 2017, al sector de energías marinas le correspondieron 11 solicitudes (un 7,4 % del total parcial de ese año).



Fuente: Oficina Española de Patentes y Marcas, O.A.

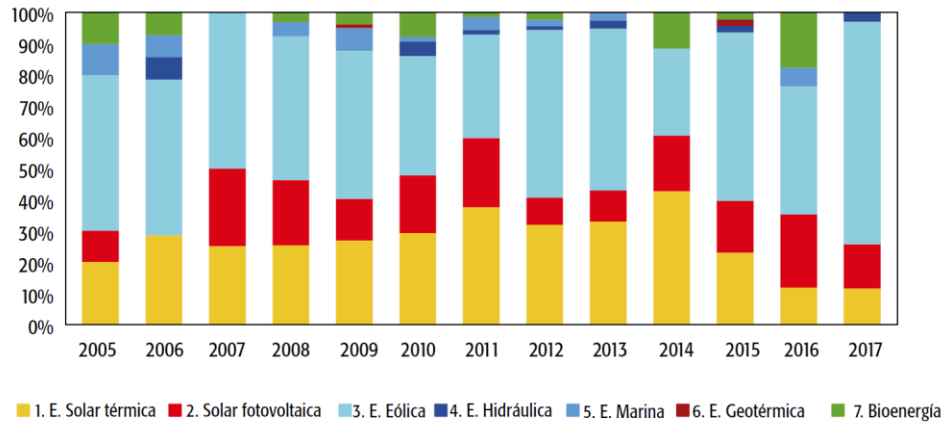
Figura 20 - Tecnologías de Mitigación del Cambio Climático. Directas: Energías Renovables, 2005-2017 (tomada de [33]).



Fuente: Oficina Española de Patentes y Marcas, O.A.

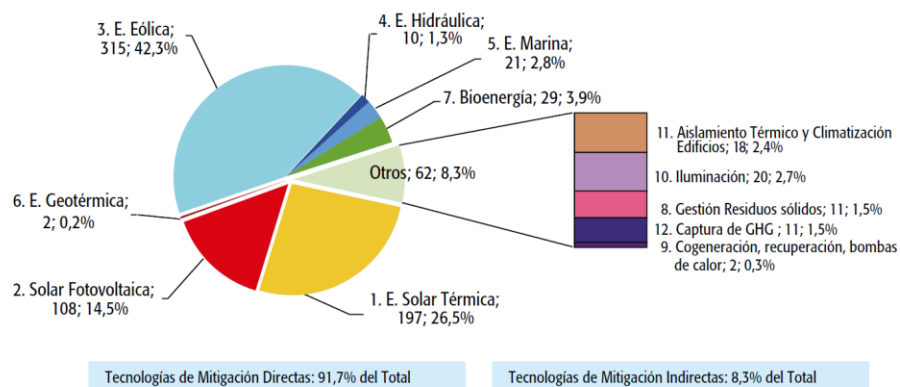
Figura 21 - Distribución por Sectores de las Tecnologías de Mitigación del Cambio Climático 2005-2017 (nº de solicitudes publicadas y en porcentaje de cada sector; tomada de [10]).

En cuanto a las solicitudes de patente europeas publicadas de origen español, de un total de 744 solicitudes publicadas entre 2005 y 2017, 21 de ellas fueron relativas a las energías marinas (ver Figura 22 y Figura 23).



Fuente: Oficina Española de Patentes y Marcas, O.A.

Figura 22 - Tecnologías de Mitigación del Cambio Climático Directas. Energías Renovables, 2005-2017 (tomada de [33]).



Fuente: Oficina Española de Patentes y Marcas, O.A.

Figura 23 - Distribución por Sectores de las Tecnologías de Mitigación del Cambio Climático 2005-2017 (nº de solicitudes publicadas y en porcentaje de cada sector; tomada de [33]).

3. RETOS DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO

3.1. Retos de I+D+i en Energías Marinas

En 2016, *TP Ocean* – la Plataforma Europea de Tecnología e Innovación para energías marinas – produjo la primera **Agenda Estratégica de Investigación Europea para Energías del Mar** [34].

El objetivo de dicha Agenda Estratégica de Investigación era buscar las áreas prioritarias para el I+D+i en energías marinas, considerando 4 ámbitos principales:

1. Demostración, Ensayos y Modelado
2. Materiales, Componentes y Sistemas
3. Instalación, Logística e Infraestructura
4. Cuestiones no tecnológicas

El resultado de dicho análisis puede verse en la Tabla 3.

Tabla 3 - Áreas prioritarias para el I+D+i en energías marinas (adaptado de [34]).

sección	Descripción del área prioritaria			Nivel de prioridad
	●●● Alta prioridad	●● Prioridad media	● Baja prioridad	
Demostración, Ensayos y Modelado	1.1	Implementación de proyectos demostrativos que permitan crear el aprendizaje necesario para llegar a la comercialización		●●●
	1.2	Desarrollo tecnológico mediante modelos numéricos validados y prototipos a pequeña escala		●●
Materiales, Componentes y Sistemas	2.1	Desarrollos de materiales marinos de alta calidad		●●
	2.2	Aumento en la generación de energía mediante mejoras del <i>Power Take-Off</i> (PTO)		●●●
	2.3	Validación de componentes y subsistemas		●●●
	2.4	Sistemas de control para aumentar el rendimiento y la operatividad		●●●
	2.5	Sistemas de monitorización que optimicen la operación y el mantenimiento		●●
Instalación, Logística e Infraestructura	3.1	Acceso a localizaciones a <i>sites</i> , procesos adaptados de diseños y embarcaciones para energías marinas		●●
	3.2	Reducción de incertidumbre, riesgo y coste de cimentaciones, sistemas de fondeo y anclaje y cableado		●●●
Cuestiones no tecnológicas	4.1	Construcción de un caso para inversiones, incluyendo análisis del LCOE		●●●
	4.2	Desarrollo de experiencia de fabricación en energías marinas		●
	4.3	Estándares, seguridad laboral y medio-ambiente		●●

En cada una de estas áreas prioritarias establece acciones de alta prioridad para hacer posible el desarrollo de las energías oceánicas y su incorporación al mercado. **Destaca** entre ellas la **implementación de proyectos demostrativos, mejora de sistemas de extracción de potencia, validación de componentes y sistemas, sistemas de control optimizados para mejorar el rendimiento, sistemas de anclaje y flotación**, y un número importante de **acciones transversales** para potenciar la financiación y el despliegue.

En el año 2018, y como parte del proyecto interno del Observatorio de Energías Bajas en Carbono (*Low Carbon Energy Observatory, LCEO*) de la Comisión Europea, el Joint Research Centre (JRC) desarrolló un inventario de Tecnologías Emergentes Futuras de relevancia en el suministro de energía [35]. Las necesidades del sector fueron analizadas por 30 expertos en energía marinas, quienes también estudiaron el tipo de innovaciones necesarias para llegar al mercado.

En el informe "*Future emerging technologies for the ocean energy sector: innovation and game-changers*" [36], se ofrece a los legisladores y a todos los demás actores en energías marinas una serie de innovaciones que podrían llevar el sector al mercado. Pese a todo, es necesaria aún más labor de I+D+i, apoyada por financiación privada, nacional o europea, que además contribuiría a mantener el liderazgo europeo del sector.

En este último documento, los expertos describen el estado de avance en cada familia de tecnologías de las energías marinas, así como sus ventajas, limitaciones tecnológicas, y nivel de madurez tecnológica o TRL. Las familias tecnológicas agrupan convertidores de energía de olas o corrientes, subsistemas y componentes que se caracterizan por un principio de operación o diseño común, y abarcan más de 200 dispositivos propuestos en toda Europa.

Entre los aspectos mencionados, cabe destacar [35]:

Energía de corrientes:

- La primera generación de convertidores de energía de corrientes está liderando el grupo en cuanto a velocidad de desarrollo. Se podría afirmar que han alcanzado ya un estado pre-comercial, con una potencia instalada de alrededor de 12 MW en Europa.
- Los dispositivos flotantes tienen la ventaja de no necesitar de sistemas de cimentación costosos. La velocidad de desarrollo en este caso es media/rápida (entre menos de 5 y 15 años), existiendo ya algunas plataformas de energía de corrientes flotantes en avanzado estado de desarrollo.
- La tercera generación de convertidores de energía de olas extrae energía de un flujo de corriente marina o de agua usando velas, cometas, o emulando el movimiento del nado de los peces. La velocidad de desarrollo es media/rápida, y se ve afectada por el desarrollo de materiales y las tecnologías auxiliares.

Energía de olas/undimotriz:

- La investigación se remonta a hace 40 años.

- La investigación es hoy más accesible gracias a la disponibilidad de instalaciones de ensayo y de nuevas herramientas computacionales, lo cual está a su vez abriendo nuevas oportunidades que llevan a enfoques novedosos de la primera generación de los conceptos de energía de olas. El avance en inteligencia artificial y algoritmos de aprendizaje ofrece asimismo una oportunidad para el desarrollo de diseños más eficientes. La velocidad de desarrollo está en el rango medio/lento.
- Los conceptos innovadores de energía undimotriz explotan la flexibilidad de nuevos materiales y las velocidades orbitales de las partículas de agua para convertir la energía undimotriz en electricidad. Se caracterizan por una simplicidad general de diseño en comparación con la primera generación de dispositivos de energía undimotriz.

Sistemas de extracción de energía (power take-off o PTO):

- este amplio grupo de soluciones tecnológicas, que transforma la energía mecánica captada por el dispositivo a partir del oleaje o las corrientes en energía eléctrica, abarca muchos enfoques diferentes acerca de cómo extraer la energía marina y convertirla en electricidad. También ofrece muchas posibilidades para la innovación y para desbloquear el potencial de la energía marina en Europa. Existen soluciones basadas en sistemas hidráulicos, mecánicos, en sistemas inerciales o en accionamientos directos, todos en un nivel de madurez y desarrollo bastante alto. También existen sistemas basados en elastómeros dieléctricos, los cuales presentan una velocidad de desarrollo bastante rápida pero requieren mayor I+D+i.

En la Figura 24 puede observarse una infografía acerca de los puntos anteriormente comentados.

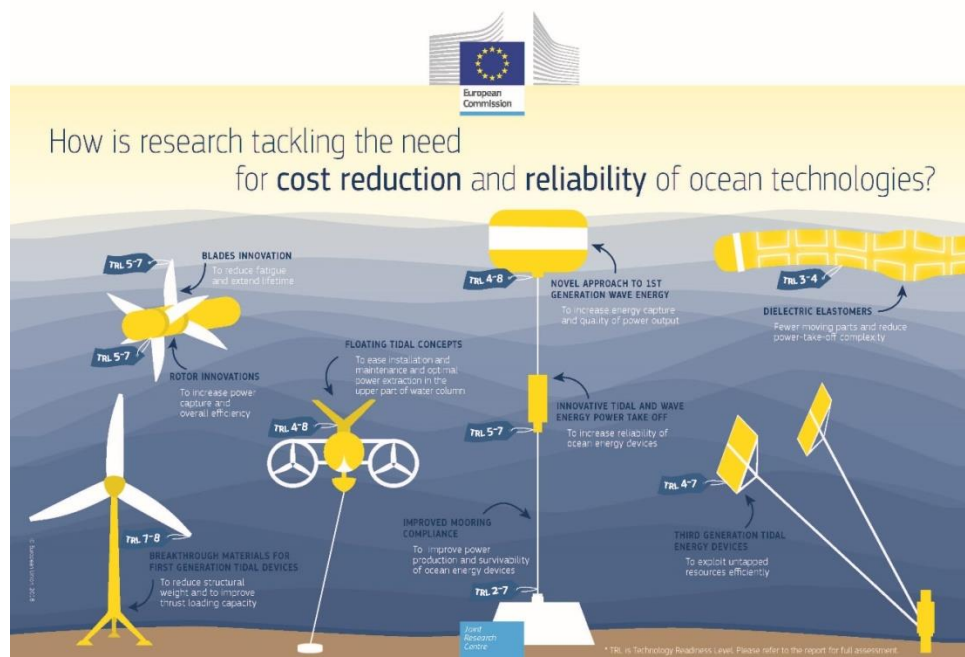


Figura 24 – Infografía acerca de cómo la investigación está abordando la necesidad de fiabilidad y de reducción de costes en las energías marinas (tomada de [35]).

Entre las conclusiones del informe se mencionó que es necesario un enfoque integral de los sistemas a la hora de desarrollar sistemas de energía marina con éxito. Por consiguiente, se recomienda una colaboración con la industria y un compromiso con los fabricantes desde los estados iniciales del desarrollo. La transferibilidad de soluciones desde otros sectores, así como el desarrollo de nuevas tecnologías y materiales podrían tener también un impacto significativo en la velocidad de desarrollo de las tecnologías emergente futuras en energía marina.

El impacto de éstas tecnologías emergente futuras ha de contextualizarse con las prioridades del sector identificadas a través de la Hoja de Ruta de Energía Oceánica [10] y el Plan de Implementación SET-Plan [3]. En el trabajo del JRC se recalcó asimismo la necesidad de un análisis futuro con el fin de priorizar las opciones con mayor impacto en el sector para alcanzar los objetivos a corto plazo (objetivos para 2015) y las ambiciones a largo plazo (100 GW de potencia instalada en 2050).

4. RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DEL GEVAL

El Grupo de Evaluación (GEVAL) de Tecnologías Marinas se reunió el 4 de julio de 2019 para realizar un ejercicio de subjetividad compartida que permitiera definir su opinión sobre el posicionamiento tecnológico español en estas tecnologías, el valor intrínseco de éstas a nivel global y nacional, las bases de la I+D+i de esta materia en España, así como las barreras a afrontar para el desarrollo y despliegue en el mercado.

La documentación disponible, aportada por la APPA Marina, ha sido notablemente mejor que la disponible en el ejercicio APTE anterior, de 2016, en el que la representación tecnológica de las energías Marinas estaba algo desdibujada.

El GEVAL reconoce que las tecnologías marinas están todavía en proceso de desarrollo, aunque el estado actual varía para las diferentes tecnologías, siendo la energía eólica off-shore la más avanzada, seguida de las tecnologías de energía mareomotriz, y en tercer lugar las tecnologías de energía undimotriz, siendo en estas últimas muy diverso el campo de convertidores de energía posibles. No obstante, el 40 % del GEVAL opina que hay un mercado actual aceptable.

Asimismo, hay mayoría de miembros del GEVAL que considera que las tecnologías marinas han generado en España un desarrollo de tejido empresarial significativo en los últimos 10 años, valorado actualmente en un mercado de 140 M€/año.

Existió acuerdo mayoritario en que existen varias empresas españolas asociadas a las tecnologías marinas. El 55 % del GEVAL opina que existen más de 10 empresas, siendo el valor medio de las respuestas sobre el número de empresas igual a 8. La situación en este aspecto es considerada bastante positiva por el grupo.

La cuota de mercado nacional integrada de los últimos 10 años para las empresas anteriores, alcanza, en opinión del GEVAL, un valor promedio del 38 %, manifestando el 36 % del grupo que esta cuota es superior al 50%.

Ha habido opinión unánime en GEVAL en que existen empresas españolas capaces de dar respuesta en el corto y largo plazo a los desarrollos tecnológicos necesarios, por su estado de madurez insuficiente, con el fin de llevarlos a la cadena productiva.

La visión de futuro del GEVAL sobre las tecnologías marinas es optimista, como demuestra su opinión sobre la creación esperada de nuevas empresas industriales españolas (incluidas nuevas ramas de actividad en industrias ya existentes). Para el año 2022 las respuestas del grupo dan un valor medio de 6 nuevas empresas, y en el periodo 2022-2030 prevén 8 nuevas empresas.

La visión positiva anterior es corroborada por el GEVAL al estimar que las empresas españolas del sector alcanzarían para 2022 cuotas de mercado del orden del 45% en el mercado nacional y del 20 % en el mercado internacional. Para el periodo 2022-2030, estas cuotas se estimaron en el 31 % del mercado nacional y del 15 % del mercado internacional, mercados que se estimó iban a crecer muy notablemente.

Mayoritariamente, el GEVAL considera que las tecnologías marinas merecen atraer un mayor apoyo de las políticas públicas de I+D+i, concentrándolo en proyectos de desarrollo tecnológico de colaboración Público-Privada, a realizar por consorcios de empresas y agentes de I+D, así como en proyectos de innovación empresarial.

Dentro del mercado tecnológico de las energías marinas, el GEVAL estima que este mercado será en 2022 de unos 210 M€/año para la tecnología española, considerando mercado nacional e internacional. Ello considerando el potencial de estas tecnologías asociado a una adecuada evolución de sus costes, a la asimilación de sus desarrollos tecnológicos y a la incorporación a la cadena productiva de los mismos. Este mismo valor se ha estimado por GEVAL en 435 M€/año en el periodo 2022-2030, dando cuenta de la confianza de este grupo en la evolución positiva de estas tecnologías.

La importancia de los mercados exteriores de las tecnologías marinas para la industria española en 2022, se dirige principalmente a Europa, con un 82 % del total de los votos asignados por GEVAL a esta región, seguida de América del Norte con un 55 % de los votos y Asia y América con un 36 % cada una. En la perspectiva del periodo 2022-2030 se mantiene Europa como principal lugar para el mercado de España, con un 82 % de las votaciones, aunque en segundo lugar queda en este caso Latinoamérica con un 64 %, siendo América del Norte la tercera con un 27 %.

Al preguntar al GEVAL sobre la orientación preferente para establecer alianzas estratégicas en terceros países para potenciar la innovación, se percibió a Europa como la principal región con un 91 % de los votos, seguida de América del Norte con un 64 % y Latinoamérica con un 45 %.

Las alianzas estratégicas de mayor interés, en opinión del GEVAL, para la conquista de mercado por las empresas españolas dedicadas a la energía marina, resulta ser Europa la principal región, con un 91 % de los votos, seguida de Latinoamérica con un 73 % de los votos y de América del Norte y Oceanía con un 36 % cada una.

El GEVAL opina que las tecnologías energéticas marinas merecen que el país concentre un mayor esfuerzo inversor, el apoyo de otras políticas y la generación de normativa e instrumentos adecuados para que España disponga de una ventaja diferencial a medio plazo, aunque con alguna reserva sobre su evolución, lo que ratifica la opinión mayoritaria de que el país tiene ante sí una importante oportunidad en este campo, por su amplia longitud costera, su importante industria naval y sus centros de investigación punteros en la materia. Considerando las circunstancias anteriores, así como el potencial de actividad y empleo de las tecnologías energéticas marinas, GEVAL opina, con un 45 % de sus votos, frente al 36 %, que estas tecnologías deben disponer de más recursos dedicados a la innovación que otras tecnologías energéticas.

No se considera que las tecnologías energéticas marinas tengan problemas de aceptación social, aunque un 36 % de los miembros del GEVAL afirman que pueden tener problemas de este tipo, o dudan sobre el asunto. Porcentajes similares se obtuvieron en la pregunta sobre la factibilidad de la superación de los problemas, al decantarse el 55 % de forma positiva, frente a un 36 % que opina que esta posibilidad es discutible, y un 9 % que tiene dudas al respecto.

Para superar los posibles problemas de aceptación pública, los instrumentos más convenientes, en opinión del GEVAL, son, en primer lugar, la realización correcta y exitosa de proyectos de demostración (45 %), seguida de una adecuada información pública (36 %) y, en menor medida la realización de normativa y legislación (18 %).

Las instituciones empresariales y tecnológicas dedicadas a las energías marinas han identificado las barreras regulatorias que deben reformarse para la implantación de dichas energías, aunque un 36 % de los miembros del GEVAL opina que aún queda mucho por hacer en esta línea.

Ante la posible necesidad de las reformas anteriores, la mayoría del GEVAL (55 %) opina que no se llevarían a cabo antes del 2022.

Las plantas de demostración son elementos clave para superar, como es el caso de las energías marinas, las etapas de investigación y avanzar de forma eficaz hacia la innovación, siendo crucial un plan eficaz y eficiente de plantas de demostración, identificando las mismas, y las fórmulas realistas para su financiación. La información suministrada por la APPA Marina en este ámbito es considerada insuficiente por el 64 % del GEVAL, lo que debe animar a la mejora de este plan.

Por la naturaleza y tamaño de los proyectos de demostración necesarios, se ha preguntado al GEVAL si estos son viables para ser desarrollados en España en 2022. La respuesta mayoritaria ha sido positiva, con un 36 % de votos sin reservas y un 55% de votos que consideran conveniente combinar capacidades nacionales de I+D+i, existentes o nuevas, con externas, para maximizar el beneficio industrial en España.

El GEVAL considera mayoritariamente que en España hay una base sólida de investigación en tecnologías energéticas marinas, competitiva a nivel internacional, con personal muy cualificado, con instalaciones experimentales punteras y grupos de renombre; sin embargo, se anima a mejorar dicha base con aportaciones especiales para mantenerla y a potenciar la colaboración entre centros y grupos de investigación para alcanzar masas críticas, o una focalización de esfuerzos adecuada.

Mayoritariamente (82 %) se considera que existen en España las infraestructuras de I+D necesarias, o que pueden existir en un plazo razonable sin un coste apreciable. No obstante, un 9 % del GEVAL opina que debe hacerse un esfuerzo especial para situar las tecnologías en un umbral mínimo que produzca resultados eficaces.

En opinión del GEVAL, la capacidad de los centros de I+D+i en tecnologías energéticas marinas recoge las áreas de homologación y certificación adecuadamente, si bien conviene aclarar que, a medida que se avance en el futuro en la industrialización, será necesario desarrollar una normativa que defina los ensayos, lo que necesitará nuevas instalaciones para los mismos.

Para una adecuada organización de la I+D+i en estas tecnologías, que favorezca la consecución de los objetivos, en opinión del GEVAL deberían proponerse cambios en los planes de acción y coordinación, y estaría justificado crear líneas de priorización y programas de financiación. Sin embargo, el grupo constata que las tecnologías energéticas marinas no disponen de líneas prioritarias específicas en la Administración con propuestas de financiación, estando incluidas actualmente en los apoyos generales.

La opinión del GEVAL afirma que los desarrollos tecnológicos en materia de energías marinas, llevados a cabo en España por empresas y centros de investigación, son conocidos y valorados fuera de nuestro país, aunque no en la medida completa de su importancia. En lo que respecta a los centros de I+D+i del país, son bien conocidos, apreciados y utilizados por contratistas extranjeros, sin duda debido al escaparate conseguido gracias a su extensa y activa en los Programas Marco de la UE.

Como en otros campos de la investigación de nuestro país, la actual capacidad de transferir conocimiento desde la ciencia a la tecnología y mercado es una asignatura pendiente en la fase de industrialización. Son un 64 % los votos del GEVAL que tienen esta opinión. No obstante, el 36 % opina que dicha transferencia es aceptable.

No se han definido de forma completa, por los agentes tecnológicos de energías marinas, Iniciativas Tecnológicas Prioritarias (ITPs), que identifiquen, con probabilidad de éxito, productos o servicios con potencial mercado y creación de actividad económica, lo cual sería muy deseable para defender la importancia de estas tecnologías para la economía del país, claramente defendida por el GEVAL a lo largo de este ejercicio.

El GEVAL considera mayoritariamente que sería útil, para acelerar la entrada en el mercado de estas tecnologías, que la Administración defina líneas prioritarias y propuestas de financiación específicas para estas tecnologías después de consultar con los expertos.

Finalmente, a la pregunta de si se considera que **las tecnologías energéticas marinas pueden ser clave para la transición energética en el marco de la UE**, la respuesta del GEVAL fue afirmativa, aunque **con un papel limitado en comparación con otras tecnologías en estado más avanzado**. A este respecto, conviene aclarar que este papel será variable según las diferentes tecnologías involucradas, **siendo probablemente la eólica off-shore flotante la que jugará un papel más importante, quizás muy relevante**, sobre todo en los países del norte de Europa y otros países similares de otros continentes.

5. REFERENCIAS Y CONTRIBUCIONES

5.1. Contribuciones y Expertos Participantes

Redactor(es) del Anexo:

Miguel Santos, Marcos Lafoz y Ramón Gavela (CIEMAT)

Contribución/Revisión desde APPA Marina:

Beñat Sanz y Francisco García

Miembros de GEVAL-ALINNE que han participado en el ejercicio de análisis de este ANEXO:

Enrique Soria (ALINNE), Javier Alonso (ALINNE), Ruth Yagüe (CDTI), Luisa Revilla (CDTI), Luis Arribas (CIEMAT), Ignacio Cruz (CIEMAT), Pablo Fiffe (CIEMAT), Jesús Heras (CIEMAT), Marcos Lafoz (CIEMAT), Félix Téllez (CIEMAT), Nieves Vela (CIEMAT), Juan Avellaner (FOTOPLAT – SOLPLAT) e Ingvar Hallste (NATURGY)

Secretaría Técnica de ALINNE:

Félix Téllez (ALINNE / CIEMAT) y Jorge de Berenguer (ALINNE)

5.2. Agradecimientos

Las actividades de ALINNE cuentan con **patrocinio público y privado**. Desde el sector público colaboran: **CIEMAT, CRUE, CSIC, IDAE, Mº de Ciencia, Innovación y Universidades (Agencia Estatal de Investigación, Dirección General de Política de la I+D+i y Dirección General de Industria y de la PYME), Mº para la Transición Ecológica (Subdirección General de Eficiencia Energética y Oficina Española de Cambio Climático) y la Universidad de Zaragoza**. Desde el sector privado se cuenta con la participación de ocho empresas: **ACS-SCE; ALBUFERA ENERGY STORAGE; ESTEYCO; GEOTER; IBERDROLA; NATURGY; REE y SIEMENS-GAMESA**.

Actualmente, estas actividades cuentan, además, con la financiación pública del proyecto “**Red de Excelencia ENE2017-90816-REDE**”

5.3. Referencias Bibliográficas

- [1] J. Huckerby, H. Jeffrey, A. de Andrés and L. Finlay, "An International Vision for Ocean Energy (version III)," Ocean Energy Systems Technology Collaboration Programme, 2016.
- [2] European Commission - Joint Research Centre, "Ocean Energy," *SETIS, Information For Decision-making*, no. 20, May 2019.
- [3] Temporary Working Group Ocean Energy, «SET-Plan: Ocean Energy - Implementation Plan,» 2018.
- [4] European Commission, "The EU Blue Economy Report," Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019.
- [5] APPA Marina, «APPA Marina - Situación,» [En línea]. Available: <https://www.appa.es/appa-marina/situacion-marina/>. [Último acceso: 20 Septiembre 2019].
- [6] APPA Marina, «APPA Marina - Marco regulatorio,» [En línea]. Available: <https://www.appa.es/appa-marina/marco-regulatorio-marina/>. [Último acceso: 20 Septiembre 2019].
- [7] «'The Commission calls for a climate neutral Europe by 2050',» *European Commission press release*, 28 Noviembre 2018.
- [8] Bloomberg New Energy Finance, «2018 Report».
- [9] ETIP Ocean, «Powering Homes Today, Powering Nations Tomorrow,» 2019.
- [10] Ocean Energy Forum, «Ocean Energy Strategic Roadmap 2016, building ocean energy for Europe,» 2016.
- [11] D. Magagna, R. Monfardini y A. Uihlein, «JRC Ocean Energy Status Report: 2016 Edition,» Publications Office of the European Union, Luxembourg (Luxembourg), 2016.
- [12] APPA, «Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España,» 2017.
- [13] D. Magagna y A. Uihlein, «2014 JRC Ocean Energy Status Report,» Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2015.
- [14] Ocean Energy Europe & TP Ocean, «European Commission Issue Paper on Ocean Energy Industry Response,» June 2016. [En línea]. Available: https://setis.ec.europa.eu/system/files/tpoandoee_input_act1and2_ocean.pdf. [Último acceso: 24 September 2019].
- [15] OES-IEA, «International Levelised Cost of Energy for Ocean Energy Technologies,» 2015.
- [16] SI Ocean, «Ocean energy: Cost of Energy and Cost Reduction Opportunities,» SI Ocean Project, 2013.
- [17] OES-IEA, «NEWS - Analysis and forecasts of the cost of energy of ocean energy converters,» 30 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.ocean-energy-systems.org/news/analysis-and-forecasts-of-the-cost-of-energy-of-ocean-energy-converters-/>. [Último acceso: 24 Septiembre 2019].
- [18] Siemens, "What is the real cost of offshore wind? (SCOE brochure)," 2014.
- [19] M. Santos-Herran y E. Medina-Lopez, «Project TiPA: D8.1 Techno-Economic Tools,» 2017.
- [20] D. Crooks, A. de Andres, E. Medina-Lopez y H. Jeffrey, «Demonstration of a Socio-economic Cost of Energy Analysis of a Wave Energy Converter Array,» de *European Wave and Tidal Energy Conference, EWTEC 2017, Cork*, 2017.
- [21] S. Draycott, I. Szadkowska, M. Silva y D. M. Ingram, «Assessing the Macro-Economic Benefit of Installing a Farm of Oscillating Water Columns in Scotland and Portugal,» *energies*, vol. 11, nº 2824, 2018.
- [22] bimep, «Área BiMEP,» [En línea]. Available: <https://bimep.com/pages/bimep>. [Último acceso: 4 Octubre 2019].
- [23] bimep, «Área Mutriku,» [En línea]. Available: <https://bimep.com/pages/mutriku>. [Último acceso: 4 Octubre 2019].
- [24] Gobierno Vasco, «La planta de las olas de Mutriku alcanza un hito de producción mediante la energía renovable de las olas al generar más de 1GWh,» 18 Julio 2016. [En línea].

- Available: <https://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/-/noticia/2016/la-planta-de-las-olas-de-mutriku-alcanza-un-hito-de-produccion-mediante-la-energia-renovable-de-las-olas-al-generar-mas-de-1gwh/>. [Último acceso: 4 Octubre 2019].
- [25] European Commission, «Market Study on Ocean Energy - FINAL REPORT,» Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018.
- [26] Tecnalia, «Ayudas y Subvenciones Públicas PV,» [En línea]. Available: https://www.tecnalia.com/images/stories/ayudas-contratos/Ayudas%20y%20Subvenciones%20P%C3%BAblicas_%20PV.pdf. [Último acceso: 25 Septiembre 2019].
- [27] PLOCAN, «Innpacto Wave Energy,» [En línea]. Available: <https://www.plocan.eu/index.php/es/portfolio-proyectos/1176>. [Último acceso: 25 Septiembre 2019].
- [28] PLOCAN, «UNDIGEN - Funcionalidad de sistemas de generación eléctrica undimotriz,» [En línea]. Available: <https://www.plocan.eu/index.php/es/portfolio-proyectos/1175>. [Último acceso: 25 Septiembre 2019].
- [29] PLOCAN, «UNDIGEN+,» [En línea]. Available: <https://www.plocan.eu/index.php/es/portfolio-proyectos/1529>. [Último acceso: 25 Septiembre 2019].
- [30] A. Amoedo, «Magallanes y Cardama firman la paz y la plataforma de energía podrá realizar pruebas en Escocia,» *Faro de Vigo*, 10 Mayo 2018.
- [31] Rotary Wave, «News,» [En línea]. Available: <http://www.rotarywave.com/es/noticias/>. [Último acceso: 25 Septiembre 2019].
- [32] Centro Tecnológico de Componentes (CTC), «SMARTWEC – Optimización global de convertidores de energía de las olas tipo absorbedor puntual,» [En línea]. Available: <https://centrotecnologicoctc.com/2017/02/02/smartwec/>. [Último acceso: 25 Septiembre 2019].
- [33] Oficina Española de Patentes y Marcas, «Tecnologías de mitigación del cambio climático 2005-2017,» OEPM, 2018.
- [34] TP Ocean, «Strategic Research Agenda for Ocean Energy,» European Technology and Innovation Platform for Ocean Energy, November 2016.
- [35] European Commission, «New Technologies in the ocean energy sector,» 29 Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://ec.europa.eu/jrc/en/news/new-technologies-ocean-energy-sector>. [Último acceso: 23 Septiembre 2019].
- [36] D. Magagna, L. Marghetini, A. Alessi, E. Bannon, E. De Castro Boelman, D. Bould, V. Coy, E. De Marchi, P. Frigaard, C. Guedes Soares, C. Golightly, J. Hals Todalsaug, M. Heward, M. Hofmann, B. Holmes, C. Johnstone, Y. Kamizuru, T. Lewis, L.-M. Macadre, C. Maisondieu, M. Martini, A. Moro, K. Nielsen, V. Reis, S. Robertson, P. Schild, M. Soede, N. Taylor, I. Viola, N. Wallet, X. Waddled and B. Yeats, «Workshop on Identification of Future Emerging Technologies in the Ocean Energy Sector,» Publications Office of the European Union, 2018.
- [37] PLOCAN, «Descripción - Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN),» [En línea]. Available: <https://plocan.eu/index.php/es/sobre-nosotros/quienes-somos/descripcion>. [Último acceso: 4 Octubre 2019].

5.4. Abreviaturas

APDTE	Análisis del Potencial de Tecnologías Energéticas
APPA	Asociación de Empresas de Energías Renovables
BiMEP	<i>Biscay Marine Energy Platform</i> (Plataforma de energía marina de Vizcaya)
BlueGrowth	Iniciativa “Crecimiento Azul” de la UE

CAPEX	<i>Capital Expenditure</i> (Costes de Capital)
CEHIPAR	Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo
CENER	Centro Nacional de Energías Renovables
DG MARE	<i>Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries</i> (Dirección General de Asuntos Marítimos y Pesca)
EMEC	<i>European Marine Energy Centre</i> (Centro Europeo de Energías Marinas)
EVE	Ente Vasco de la Energía
FAEN	Fundación Asturiana de la Energía
FP	<i>Framework Programme</i> (Programa Marco)
GEVAL	Grupo de Evaluación que colabora con el Comité de Estrategia de ALINNE
I+D+i	Investigación, Desarrollo e Innovación
ICTS	Instalación Científico Técnica Singular
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
IEA	<i>International Energy Agency</i> (Agencia Internacional de la energía) https://www.iea.org/
IHCantabria	Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria
IHLabHidro	Laboratorio de Ingeniería de Costas, Oceanografía e Hidráulica
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency</i> (Agencia Internacional de Energías Renovables)
ITP	Iniciativa Tecnológica Prioritaria
JRC	<i>Joint Research Centre</i>
LCOE	<i>Levelised Cost of Electricity</i> (Coste ponderado de la electricidad generada sobre la vida de la instalación)
MCTS	<i>Marine Corrosion Test Site</i> (Centro de ensayos en corrosión marina)
O&M	Operación y Mantenimiento
OES-IEA	<i>Ocean Energy Systems – International Energy Agency</i> (Programa de colaboración para Sistemas de Energía Oceánicos de la Agencia Internacional de la Energía)

OPEX	<i>Operational Expenditure</i> (Costes Operativos)
OTEC	<i>Ocean Thermal Energy Conversion</i> (Energía maremotérmica)
OWC	<i>Oscillating Water Column</i> (Columna de agua oscilante)
PIB	Producto Interior Bruto
PLOCAN	Plataforma Oceánica de Canarias
PNIEC	Plan Nacional Integrado de Energía y Clima
PTE	Plataforma Tecnológica Española de ámbito Energético
PTO	<i>Power Take-Off</i> (Sistema de extracción de energía)
RD	Real Decreto
SCOE	<i>Socio-economic Cost of Electricity</i> (Coste Socioeconómico Ponderado de la Electricidad)
TRL	<i>Technology Readiness Level</i> (Nivel de madurez de la Tecnología)
UE	Unión Europea
WEO	World Energy Outlook (Perspectiva energética mundial)

5.5. Apéndices

- **Apéndice I:** Valores de los 15 Indicadores, agrupados en 5 criterios de evaluación (1. Economía y Empleo, 2. Capacidades en Ciencia, Tecnología e Innovación, 3. Posicionamiento Tecnológico, 4. Capacidades en Infraestructuras de I+D+i, de Certificación y de Homologación, 5. Contribución a los objetivos energéticos y medioambientales) aportados por APPA-Marina
- **Apéndice II:** Presentación de la APPA Marina en reunión con GEVAL
- **Apéndice III:** Resultados del ejercicio de subjetividad compartida (votaciones presenciales) de GEVAL

Historial de Cambios

(Este historial solo aparecerá en el Borrador)

Versión	Fecha	Modificado por	Cambio realizado
0	04/07/19	ALINNE (FT)	Plantilla y propuesta contenidos del Anexo (Inclusión de los resúmenes de las ITPs de APPA Marina). Inclusión de gráficos de los indicadores (para 2010-2030) aportados por la APPA Marina
1	27/08/19	Ramón Gavela	Redacción de la sección 4
2	18/09/19	Marcos Lafoz	Revisión sección 4 y redacción de sección 1
3	29/08/19	Miguel Santos	Completar sección 1 y redacción sección 3
3.1	15/09/19	Marcos Lafoz	Revisión secciones 1 y 3
3.2	25/09/19	Miguel Santos	Redacción parte de sección 2
3.3	02/10/19	Ramón Gavela	Revisión sección 1
4	13/10/19	Marcos Lafoz	Completar sección 2
4.1	16/10/19	Miguel Santos	Completar sección 5 y revisar sección 6
4.2		Ramón Gavela	Revisión sección 2
4.3		Marcos Lafoz	Consolidación de comentarios y sugerencias de cambios
4.4	14/10/19	ALINNE (FT)	Revisión, formato, actualización de pequeños detalles, abreviaturas y notas aclaratoria.
4.5	28/10/19	ALINNE (FT)	Retoques en Sección 3
4.6	6/11/2019	R. Gavela, M. Santos, M. Lafoz, ALINNE (FT)	Revisión de control de calidad y consolidación del borrador completo