



Actividad 2

- **Análisis del sector y de la cadena de valor vinculados a la Eólica Offshore y a la energía undimotriz**

ENTREGABLE II: “Informe de análisis sectorial relativo a la eólica offshore y undimotriz”

RESUMEN EJECUTIVO / EXECUTIVE SUMMARY

Este segundo entregable “*Informe de análisis sectorial relativo a la eólica offshore y undimotriz*” tiene como finalidad dar a conocer la situación actual desde un punto de vista de mercado del sector de la Eólica Offshore y Undimotriz. Con este objetivo, se han identificado en relación con la **éolica marina**:

- 72 parques offshore operativos a nivel mundial y 16 actualmente en construcción y sus características principales: ubicación (15 países diferentes), potencia, número de turbinas, tipo de estructura portante, distancia a la costa y profundidad.
- Más de 200 proveedores tecnológicos a nivel mundial que participan en la construcción y explotación de los 88 parques offshore identificados.
- Proveedores nacionales y gallegos vinculados con la construcción de parques offshore.

Del análisis de la anterior información, se han obtenido las siguientes conclusiones:

- Europa es líder a nivel mundial en parques construidos, actualmente cuenta con 54 parques en servicio (1.815 aerogeneradores conectados a red) y una potencia eólica instalada de 5.513 MW. La mayor parte de esta potencia se ubica en el Mar del Norte.
- Reino Unido ocupa el primer puesto, seguido de Dinamarca en capacidad instalada. Fuera de Europa, países como Estados Unidos, Corea del Sur, China y Japón tienen planes ambiciosos de implementación de la eólica offshore.
- El sistema monopilote es la cimentación más empleada hasta el momento (76% de los parques en operación), y lo seguirá siendo teniendo en cuenta los 16 parques en construcción. Irán ganando terreno los tripodes/tripilotes y los jackets.
- Siemens es líder en fabricación de turbinas, Dong Energy en explotación de parques, A2Sea destaca como mayor instalador de turbinas, Ramboll como diseñador de subestructuras de soporte, Ballast Nedam en instalación de cimentaciones y Prysmian y Nexans como proveedor de cables de exportación y de interconexión respectivamente.

En relación con la **energía undimotriz**:

- 178 dispositivos a nivel mundial en diferentes fases de desarrollo localizados en 27 países.
- 160 desarrolladores internacionales (de los 178 sistemas), de los que 10 son españoles.
- 10 proveedores gallegos vinculados con proyectos y promoción de la energía Undimotriz.

Del análisis de la anterior información, se han obtenido las siguientes conclusiones:

- A nivel país, Estados Unidos concentra el mayor número de desarrollos, mientras que a nivel de bloque es Europa la región líder en diseño de convertidores.
- El concepto de absorbedor puntual es el más extendido entre los diseñadores.

The second deliverable "*Sector analysis report on the offshore wind and wave power*" aimed at raising awareness of the current situation of offshore wind and wave energy sectors from the market point of view. For this purpose and regarding **offshore wind sector**, it has been identified:

- 72 offshore farms in operation and 16 under construction worldwide and its main features: location (15 different countries), capacity, number of turbines, type of foundation, distance from shore and depth.
- More than 200 global technology providers involved in the construction and operation of the 88 offshore wind farms studied.
- Spanish and Galician suppliers linked to the construction of offshore farms.

The analysis of the above information has resulted in the following conclusions:

- Europe is world leader in installed capacity, currently there are 54 farms in operation (1,815 wind turbines connected to the grid) and 5,513 MW of installed wind power capacity. Most of this capacity is located in the North Sea.
- UK ranks first, followed by Denmark in installed capacity. Outside Europe, countries like the United States, South Korea, China and Japan have ambitious plans for deploying offshore wind.
- The monopile foundation is the most used so far (76% of farms in operation) and it will continue to hold leadership, taken into account the 16 parks under construction. Other systems like tripods / tripiles and jackets will gain some share.
- Siemens is the turbine manufacturer leader, Dong Energy is outstanding in operation activity, A2SEA stands as the largest installer of turbines, Ramboll as designer substructure support, Ballast Nedam in installing foundations and Prysmian and Nexans as suppliers of export and interconnection cables respectively.

Regarding **wave power** it has been identified:

- 178 converters worldwide in various stages of development, located in 27 countries.
- 160 international developers (of the 178 systems), of which 10 are Spanish.
- 10 Galician suppliers linked with projects and promotion of wave energy.

Analysing the information compiled, some conclusions can be drawn:

- The United States has the largest number of conversion developments. From a block perspective, Europe is leader in converter designs.
- The point absorber is the most widespread concept among designers.

Índice de Contenidos

1. INSTALACIONES OFFSHORE A NIVEL MUNDIAL	7
1.1 INTRODUCCIÓN	7
1.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	7
1.3 UBICACIÓN DE LOS PARQUES OFFSHORE OPERATIVOS Y EN CONSTRUCCIÓN	13
1.4 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS PARQUES OFFSHORE OPERATIVOS Y EN CONSTRUCCIÓN	21
1.4.1 OPERATIVOS	21
1.4.2 EN CONSTRUCCIÓN	26
1.5 PROVEEDORES TECNOLÓGICOS EN PARQUES OPERATIVOS O EN CONSTRUCCIÓN	28
1.5.1 ALEMANIA	28
1.5.2 BÉLGICA	31
1.5.3 CHINA	32
1.5.4 COREA DEL SUR	33
1.5.5 DINAMARCA	34
1.5.6 ESTADOS UNIDOS	38
1.5.7 FINLANDIA	38
1.5.8 FRANCIA	39
1.5.9 HOLANDA	39
1.5.10 IRLANDA	40
1.5.11 JAPÓN	40
1.5.12 NORUEGA	41
1.5.13 PORTUGAL	41
1.5.14 REINO UNIDO	42
1.5.15 SUECIA	50
1.6 PROVEEDORES TECNOLÓGICOS NACIONALES	52
1.6.1 PROVEEDORES TECNOLÓGICOS CON SEDE EN GALICIA	54
2. INSTALACIONES UNDIMOTRICES A NIVEL MUNDIAL	58
2.1 INTRODUCCIÓN	58
2.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS Y UBICACIÓN DE LOS DESARROLLOS UNDIMOTRICES	59
2.3 PROVEEDORES TECNOLÓGICOS A NIVEL MUNDIAL	62
2.4 PROVEEDORES TECNOLÓGICOS NACIONALES	68
2.4.1 PROVEEDORES TECNOLÓGICOS CON SEDE EN GALICIA	74
2.5 INFRAESTRUCTURAS DE EXPERIMENTACIÓN PARA SISTEMAS UNDIMOTRICES	77
2.6 ANEXO	80

Índice de Figuras

Figura 1: Evolución de las instalaciones eólicas marinas	8
Figura 2: Tipos de estructuras portantes presentes en parques offshore operativos a nivel mundial	9
Figura 3: Tipos de estructuras portantes presentes en parques offshore en construcción a nivel mundial	9
Figura 4: Ubicación de parques en Portugal y Francia	14
Figura 5: Ubicación de parques en Irlanda y Reino Unido	15
Figura 6: Ubicación de parques en Noruega, Suecia, Finlandia y Dinamarca	16
Figura 7: Ubicación de parques en Bélgica, Holanda y Alemania	17
Figura 8: Ubicación de parques en China, Corea del Sur y Japón	19
Figura 9: Ubicación de parques en Estados Unidos	20
Figura 10: Cadena de valor de la eólica offshore en el País Vasco	54
Figura 11: Dispositivos empleados en la la generación de energía undimotriz (178) a nivel mundial	59
Figura 12: Mapa resumen de los desarrollos de dispositivos undimotrices en Europa	60
Figura 13: Mapa resumen de los desarrollos de dispositivos undimotrices en América	61
Figura 14: Mapa resumen de los desarrollos undimotrices en Asia y Oceanía	61
Figura 15: Esquema de la patente EP2527641 de Acubens	68
Figura 16: Esquema de la patente ES2278489 de Hidroflot	68
Figura 17: Esquema de la patente ES2354097 de la Norvento	69
Figura 18: Esquema de la patente EP2042728 de la USC	69
Figura 19: Esquema del sistema convertidor APC-PISYS (Patente WO2004063562).	70
Figura 20: Prototipo Ceflot y patente ES2278489	70
Figura 21: Esquema del sistema convertidor SDK	71
Figura 22: Esquema de la patente de Tecnalia WO2008040822	71
Figura 23: Oceantec Energy Convertor	72
Figura 24: Miembros del consorcio Ocean Lider	73
Figura 25: Plataformas de experimentación marina a nivel mundial	77
Figura 26: Plataformas activas de experimentación marina en Europa	78

Índice de Tablas

Tabla 1: Distribución por países de la potencia eólica offshore instalada y en construcción a nivel mundial	7
Tabla 2: Cuota de mercado de fabricantes de turbinas.	11
Tabla 3: Empresas explotadoras de los parques	11
Tabla 4: Instaladores de cimentaciones	11
Tabla 5: Número de parques por país (operativos y en construcción)	13

Tabla 6: Características principales de los parques offshore operativos a nivel mundial..	25
Tabla 7: Características principales de los parques offshore en fase de construcción a nivel mundial	27
Tabla 8: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Alemania.....	30
Tabla 9: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Bélgica	31
Tabla 10: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en China	33
Tabla 11: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Corea del Sur	33
Tabla 12: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Dinamarca	37
Tabla 13: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Estados Unidos	38
Tabla 14: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Finlandia	38
Tabla 15: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Francia.....	39
Tabla 16: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Holanda	39
Tabla 17: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Irlanda.....	40
Tabla 18: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Japón.....	40
Tabla 19: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Noruega.....	41
Tabla 20: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Portugal	41
Tabla 21: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Reino Unido.....	50
Tabla 22: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Suecia.....	51
Tabla 23: Principales desarrolladores a nivel mundial de convertidores undimotrices	67
Tabla 24: Principales infraestructuras de pruebas para convertidores undimotrices a nivel mundial	80

1. INSTALACIONES OFFSHORE A NIVEL MUNDIAL

1.1 INTRODUCCIÓN

El propósito de este apartado es proporcionar información sobre los parques offshore a nivel mundial, en cuanto a ubicación, características del parque y proveedores vinculados con sus respectivas cadenas de valor.

Para ello, se han consultado las bases de datos empresariales 4C Offshore y LORC Knowledge, a partir de las cuales se han identificado un total de **72 parques offshore operativos a nivel mundial**, de los cuales 54 están ubicados en 11 países europeos, la mayor parte en el Mar del Norte. El resto se sitúan en otros países fuera de Europa donde se ha introducido la eólica marina y existen planes ambiciosos para su mayor implementación en los próximos años, como en los Estados Unidos, Corea del Sur, China y Japón. Se han identificado además **16 proyectos offshore en fase de construcción** todos ellos localizados en Europa.

Esta muestra de parques se adjunta en un archivo en formato Excel al presente informe y será sobre la que se realicen los análisis necesarios para caracterizar el sector.

Si bien existe una treintena de proyectos eólicos marinos en las costas españolas, Cádiz, Huelva, Castellón, Tarragona, La Coruña o Islas Canarias, en España no existe ningún parque eólico marino en servicio ni en fase de construcción. Resulta de interés no obstante, conocer las compañías españolas y particularmente, aquellas con sede en la región gallega que participan en proyectos eólicos.

1.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Europa es líder mundial en instalación de parques eólicos offshore. En función de los datos recopilados en el presente estudio, Europa con 54 parques en servicio cuenta con una potencia eólica offshore instalada de **5.513 MW** (de un total mundial de 5.898,3 MW), donde el Reino Unido es líder con 3.301,2 MW (56%) seguido de Dinamarca con 1.271 MW (22%). Una vez completado el escenario con los 16 parques offshore actualmente en construcción que suman 4.334,3 MW, se alcanzará una capacidad acumulada en Europa de **10,2 GW**.

PARQUES EOLICOS MARINOS OPERATIVOS		
País	Capacidad instalada (MW)	Número de parques conectados a red
Reino Unido	3.301,2	18
Dinamarca	1.271,08	14
China	346,0	10
Holanda	246,8	4
Suecia	211,4	6
Bélgica	360	3
Alemania	60,30	4
Japón	37,73	6
Finlandia	32,3	2
Irlanda	25,2	1
Noruega	2,3	1
Portugal	2	1
Corea del Sur	2	1
Estados Unidos	0,02	1
Total instalada	5.898,3	72

PARQUES EOLICOS MARINOS EN CONSTRUCCIÓN		
País	Capacidad en construcción (MW)	Número de parques en construcción
Alemania	2239,2	8
Reino Unido	1309,1	5
Francia	498	1
Bélgica	288	2
Total en construcción	4.334,3	16

Tabla 1: Distribución por países de la potencia eólica offshore instalada y en construcción a nivel mundial. Fuente: elaboración propia

En términos de número de parques, los 72 parques operativos a nivel mundial se traducen en 2.021 aerogeneradores conectados a red, de los cuales a nivel europeo se cuantifican en 1.815 turbinas conectadas. En relación con los 16 parques en construcción, serán añadidas 993 nuevas turbinas en los próximos años.

El primer parque eólico marino, fue instalado en 1991 en la costa báltica danesa, como una prolongación de los parques terrestres, localizado en una zona abrigada y de profundidad inferior a los 5 metros. Este parque llamado Vindeby está formado por 11 aerogeneradores Bonus (ahora Siemens) de 450Kw de potencia unitaria y con un coste por Kw instalado de unos 2.200€¹. El mismo país abriría una década más tarde, en 2001, el primer parque comercial de 40 MW en el mar del Norte.



Figura 1: Evolución de las instalaciones eólicas marinas. Fuente: opex-energy.com

En 2013, Reino Unido instaló el que es hoy día el mayor parque offshore del mundo, el London Array (a unos 20 km de la costa de Kent), con una superficie de 100 km² con una potencia instalada de 630 Mw repartida en 175 aerogeneradores Siemens SWT-3.6-120 de 3,6 Mw, consiguiendo reducir el coste a 1.588 Euros por kw instalado².

Como se ha comentado, los vientos aumentan en potencia y regularidad cuanto mayor es la distancia a la costa, por ello las nuevas instalaciones que se construyen y proyectan, requieren aerogeneradores mayores. Si bien las turbinas más habituales presentan una potencia unitaria de entre 3 y 5 MW, fuera de este rango se encuentran los aerogeneradores REpower 6M, una de las mayores turbinas marinas comerciales del mundo (6,15 MW, diámetro de rotor de 126m) elegidas para ser instaladas en la 2ª y 3ª fase del parque marino Thornton Bank en la costa belga.

A su vez, la distancia a la costa hace cada vez más necesario diseñar nuevos sistemas de fondeo. Tomando como punto de partida la identificación de 72 parques offshore actualmente operativos a nivel mundial (2.021 aerogeneradores) y 16 parques offshore en fase de construcción (993 turbinas), se puede concluir que el **monopilote es el sistema de cimentación más empleado** hasta el momento (76%, 1.528 de un total de 2.021

¹ Plataforma Tecnológica Marítima < <http://www.ptmaritima.org/renovables/desarrollo.asp?apartado=13>>

² Basado en cálculos de VCERC, Virginia Offshore Wind Studies, July 2007 to March 2010

aerogeneradores en operación) y lo seguirá siendo en los nuevos parques en construcción, con la limitación de instalarlo en augas intermedias (<40 m). Le siguen las **cimentaciones por gravedad** (20% de representación, 402 unidades operativas) útiles hasta profundidades de 30 m, siendo cada vez menos usadas. Véase la distribución del número de subestructuras de cada tipo respecto al total, tanto para parques operativos como parques en construcción (figuras 2 y 3). Cabe decir, que las proporciones están en línea con las estimaciones publicadas el pasado enero 2015 por EWEA (The European offshore wind industry -Key Trends and Statistics 2014).

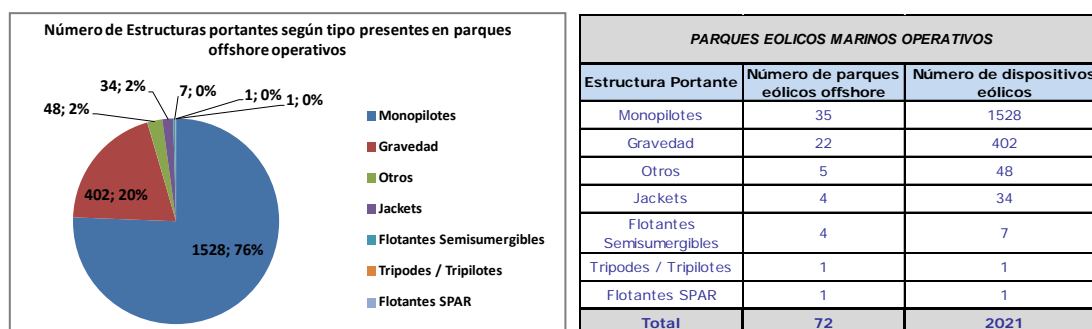


Figura 2: Tipos de estructuras portantes presentes en parques offshore operativos a nivel mundial. Fuente: elaboración propia

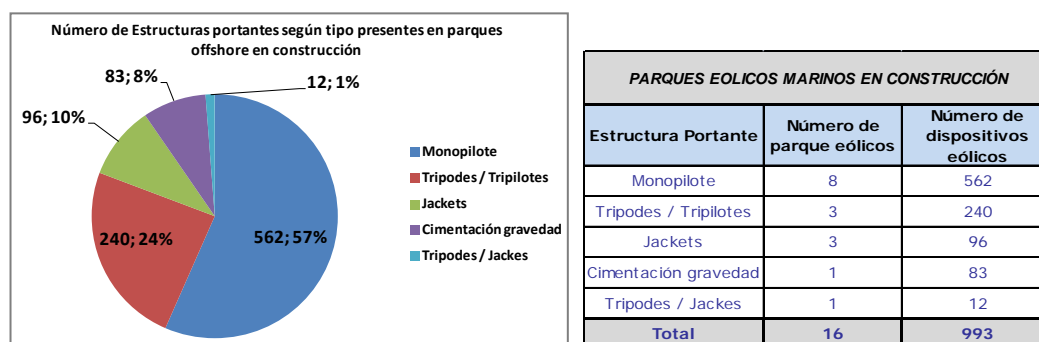


Figura 3: Tipos de estructuras portantes presentes en parques offshore en construcción a nivel mundial. Fuente: elaboración propia

Inspiradas en las plataformas petrolíferas, destacan las cimentaciones tipo tripilote, trípode y jacket, adecuadas para calados de entre 20 y 60 m, y que tendrán especial relevancia en próximas instalaciones.

Si bien la representación de cimentaciones de tipo **trípode / tripilote** es casi inexistente en los parques operativos, aumentarán próximamente en número, siendo 240 las nuevas unidades en los parques en construcción. Estas subestructuras podrán alcanzar en pocos años una representación del 24%. Ejemplo del uso de estas fijaciones es el proyecto Bard Offshore 1 (Alemania). Consta de 80 aerogeneradores Bard 5.0 que se sitúan en aguas del Mar del Norte a 90-101 km de la costa y con 40 m de profundidad, siendo este parque de los identificados en este trabajo, el más alejado de la costa (tabla 7).

En cuanto a subestructuras tipo **jacket**, existen únicamente cuatro parques con estas características, dos en Asia y otros dos en Reino Unido. En aguas inglesas, el Beatrice Wind Farm operativo desde el 2007 y el Ormonde en funcionamiento desde el 2012. El primero

consta de 2 aerogeneradores con una potencia unitaria de 5 MW que se sitúan a 25 Km de la costa y en aguas del Mar del Norte con 45 m de profundidad. Emplea una plataforma jacket de obtención de crudo ya inutilizada. Por su parte, el parque Ormonde lo forman 30 aerogeneradores de 5 Mw de potencia instalados en el Mar de Irlanda, en el Reino Unido. Cada aerogenerador se monta sobre una estructura de acero de 500 toneladas tipo jacket, alcanzando una distancia máxima a costa de 14 km y una profundidad máxima de 21 m.

Los jackets también experimentarán una mayor aplicación, pasando de 34 aerogeneradores actuales en los 72 parques en servicio, a la instalación de al menos 96 nuevas unidades en los 16 parques actualmente en construcción.

Cabe destacar los nuevos sistemas flotantes, algunos en funcionamiento como Hywind Demostration (spar) en Noruega, WindFloat (semisumergible) en Portugal y DeepCWind (semisumergible) en Estados Unidos, que utilizarán estructuras flotantes que combinan el lastrado con el fondeo mediante amarres para su ubicación en emplazamientos con profundidades a 40-50 m. Actualmente se cuenta con 3 dispositivos eólicos instalados.

Desde el punto de vista de la oferta de servicios, históricamente el sector ha estado dominado por empresas europeas y norteamericanas. Sin embargo, se prevé que las empresas asiáticas, especialmente procedentes de China, vayan a desafiar este predominio³, ejemplo de ello son los fabricantes de aerogeneradores Goldwind o Sinovel. La industria onshore, donde se da una fuerte competencia en precios, ha entrado en un proceso de concentración, por lo que sus agentes ven en la adaptación de sus tecnologías al segmento marino, aún incipiente, un factor competitivo clave.

En las siguientes líneas se recoge un análisis detallado de empresas y agentes (en base a la información mostrada en el apartado 1.5) que intervienen en esta industria a nivel mundial y que, en algunos casos, ya tienen un fuerte arraigo en la industria de la eólica terrestre:

- En terminos de unidades conectadas, Siemens ocupa el primer puesto en el ranking de **fabricantes de turbinas** con un total de 3.292 MW instalados, 1.082 turbinas conectadas. Le sigue MHI Vestas con 1.620 MW, 618 turbinas conectadas. Esto se traduce en que Siemens atesoraría a nivel mundial un 56% de la cuota de mercado. Esta participación todavía es mayor considerando únicamente los parques europeos. Tanto es así que EWEA la estima en 86.2% para la energía eólica marina instalada durante el 2014.

³ <http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/orkestra/orkestra32.pdf>

Fabricante de turbinas	parques	potencia instalada	potencia en construcción	turbinas instaladas	turbinas en construcción
Siemens (Alemania)	27	3.292	1.993,1	1.082	562
MHI Vestas (Dinamarca)	24	1.620,12	0	618	0
Repower (Senvion) (Alemania)	7	190	321,6	38	54
Goldwind (China)	4	86	0	38	0
Areva (Francia)	3	0	1181,6	0	226
Sinovel (China)	2	183	0	49	0
GE (Estados Unidos)	2	35,7	0	14	0
Otros	19	491,48	838	182	151

Tabla 2: Cuota de mercado de fabricantes de turbinas. Fuente: elaboración propia.

- DONG Energy, Vattenfall, E.ON, RWE y EDF configuran el top cinco de los **agentes explotadores** en los parques identificados.

Explotador parque	Instalados		En construcción	
	Nº turbinas	MW	Nº turbinas	MW
DONG	735	9.009,25	200	401
Vattenfall	300	830,9	80	288
E.ON	198	499	0	0
RWE	55	150	208	871
EDF	0	0	110	560,1

Tabla 3: Empresas explotadoras de los parques. Fuente: elaboración propia.

- Como **instaladores de turbinas** destaca la danesa A2Sea (16 parques), MPI Offshore con 7 parques (de los cuales 6 en Reino Unido) y Seajacks con 3 parques.
- **Diseño de la subestructura de soporte** destaca de largo Ramboll con 15 parques, al que siguen COWI con 9 y OWEC Tower con 3.
- Como **instaladores de cimentaciones** destacan las siguientes compañías:

Instaladores de Cimentaciones	Nº de parques
<u>Ballast Nedam</u> (Holanda)	7
<u>MPI Offshore</u> (Reino Unido)	6
<u>Eide Contracting</u> (Noruega)	5
<u>Fruugo Seacore</u> (Reino Unido)	5
<u>Scaldis Salvage Marine Contractors</u> (Bélgica)	5
<u>Vaan Oord</u> (Holanda)	5
<u>A2sea</u> (Dinamarca)	4
<u>Seaway Heavy Lifting</u> (Holanda)	4

Tabla 4: Instaladores de cimentaciones

- En cuanto al **diseño de la estructura de la subestación** del parque, no hay una empresa que destaque sobre el resto. Con una participación en tres parques se encuentran Ramboll, IMS Engineering, Atkins. Con dos parques se encuentran AREVA T&D (Ahora Alstom Grid), COWI e ISC Consulting Engineering.
- En la **instalación de la subestación** tiene un papel preponderante Scaldis Salvage con un trabajo en 10 parques, le sigue Seaway Heavy Lifting con 8, de lejos se sitúan SMIT con 4 y Bonn & Mees con 3.

- Dentro de los **proveedores de los componentes eléctricos para las subestaciones** destacan Areva T&D (Alstom Grid) y Siemens Transmission and Distribution con 11 parques cada uno. Le sigue de lejos ABB con 5.
- Como **fabricantes de cables de exportación** destacan Prysmian con 15 parques, ABB con 12, Nexans con 10 y NKT Cables con 6. Para su instalación se ha contado en 10 ocasiones con Visser & Smit Marine Contracting (VSMC), en 9 ocasiones con JD-Contractor (Jydsk Dyk) y en 4 con Subocean.
- Por último, entre los **fabricantes de cables de interconexión** cabe destacar ABB con una participación en 11 parques, Nexans en 10, Prysmian junto con Draka (Ahora Prysmian Group) en 10, JDR Cables en 5, NSW en 5, NKT Cables en 4, y AEI Cables en 3.
- En relación con los servicios de barcos de soporte a las actividades de operación y mantenimiento, cabe destacar tres nombres: A2sea (da servicio a 11 parques), Windcat Workboats (9) y Fred Olsen (7).

Cabe destacar que apenas se dispone de información en relación con los fabricantes de las torres o de las subestructuras de cimentación. Algunos nombres publicados son Aker Solutions, Bladt Industries, Sif Group o Ambau, que resultan insuficientes para poder realizar un análisis fundamentado.

1.3 UBICACIÓN DE LOS PARQUES OFFSHORE OPERATIVOS Y EN CONSTRUCCIÓN

En este apartado se pretende ofrecer una visión sobre las ubicaciones de los parques actualmente operativos y los que están en fase de construcción, al mismo tiempo describir brevemente el estado actual de despliegue de esta tecnología en cada uno de los 15 países que han apostado por el desarrollo de la eólica offshore.

Pais	Nº Parques Operativos	Nº Parques en Construcción	TOTALES
Reino Unido	18	5	23
Dinamarca	14		14
Alemania	4	8	12
China	10		10
Japón	6		6
Suecia	6		6
Bélgica	3	2	5
Holanda	4		4
Finlandia	2		2
Noruega	1		1
Francia		1	1
Irlanda	1		1
Portugal	1		1
Corea del Sur	1		1
Estados Unidos	1		1
Total	72	16	88

Tabla 5: Número de parques por país (operativos y en construcción). Fuente: elaboración propia

- **Portugal y Francia:**

- **Portugal** cuenta con una zona económica exclusiva (mar patrimonial) 15 veces mayor que su propio territorio, aunque con aguas profundas. Así, la apuesta del país es por la construcción de parques eólicos flotantes. La primera instalación offshore llamada “Windfloat” opera desde el 2011 y ya está produciendo electricidad. Se trata de un aerogenerador flotante ubicado en las costas portuguesas instalado a 14 kilómetros mar adentro y cuenta con una turbina de la danesa Vestas de 2 MW y con una base triangular flotante. Esta es la primera de 5 torres que formarán parte de un futuro parque eólico marino con una potencia de 27 MW. El proyecto, que se desarrollará en dos fases, supone una inversión cercana a los 20 millones de euros.

- Rodeada por el Canal de la Mancha, el océano Atlántico y el mar Mediterráneo, **Francia** tiene una zona costera importante propicia al desarrollo de la energía eólica offshore. La aspiración del gobierno francés es alcanzar 6 GWe de potencia instalada en energías marinas en el horizonte 2020, es decir el 3,5 % del consumo francés de electricidad. La energía eólica marina se está introduciendo poco a poco, por ejemplo desarrollando el polo de competitividad eólica marina en Normandía en torno a la construcción del parque offshore de Fécamp.

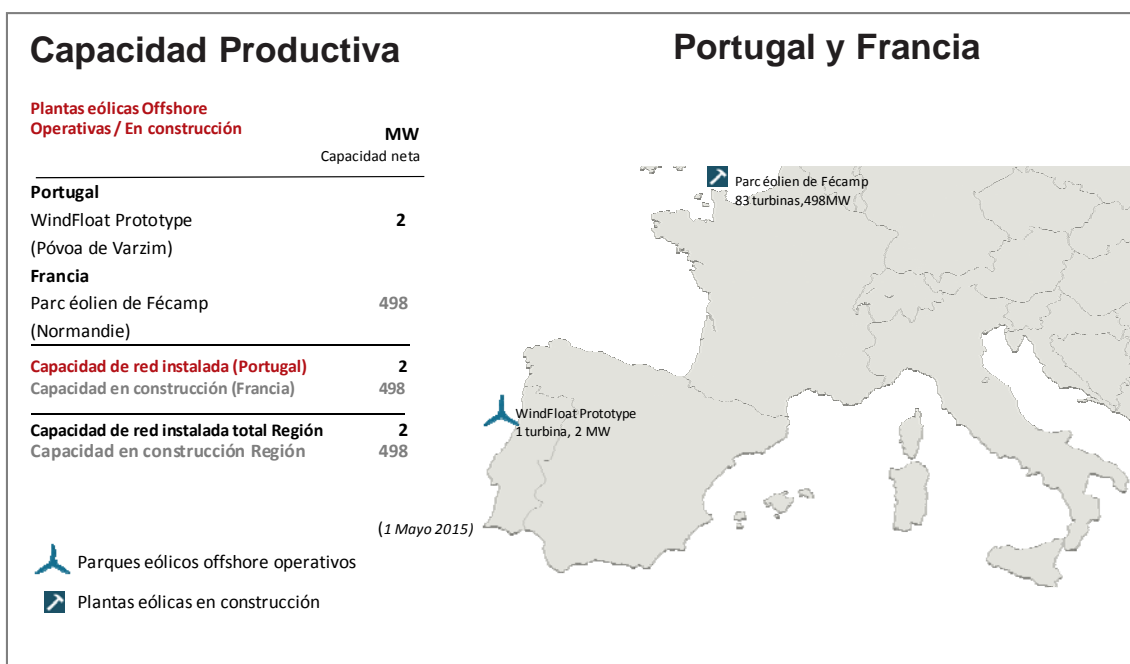


Figura 4: Ubicación de parques en Portugal y Francia. Fuente: Elaboración propia

- **Irlanda y Reino Unido⁴:**

- **Irlanda** tiene un gran potencial para la construcción de parques eólicos marinos, debido a su propia naturaleza de isla. Los proyectos se piensan emplazar tanto en el Mar de Irlanda como en el Océano Atlántico. El nivel actual de uso de la energía eólica marina es más bien baja con una capacidad instalada de aproximadamente 25 MW (parque Arklow Bank1).

- El **Reino Unido** al igual que su vecina Irlanda presenta un gran potencial energético. El país cuenta con numerosas zonas disponibles para la construcción de parques eólicos marinos, tanto en el Norte como en el Mar de Irlanda, así como en el Canal de la Mancha. El Reino Unido es el principal precursor mundial en el uso de la energía eólica marina con 18 parques operativos en alta mar y una capacidad total de 3.301 MW. El rendimiento instalado quiere elevarse hasta 25 GW a finales de 2020.

⁴ <http://www.renewableuk.com/en/renewable-energy/wind-energy/offshore-wind/>

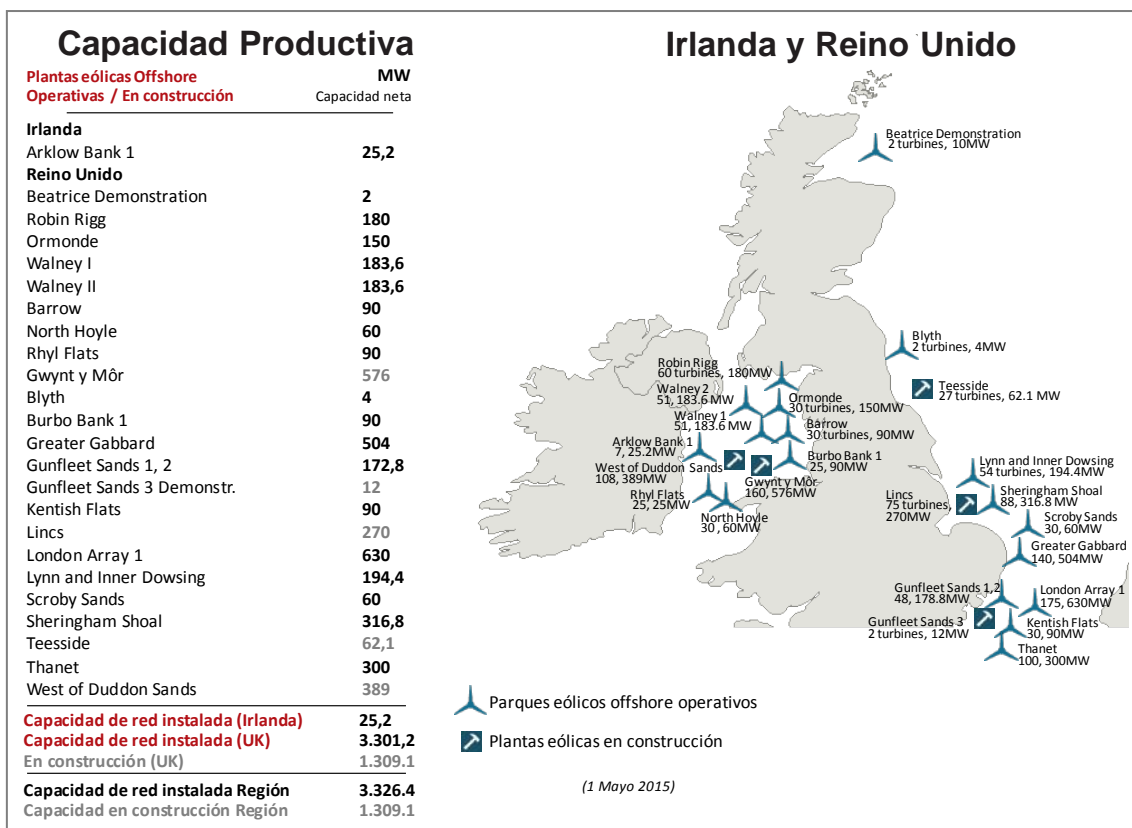


Figura 5: Ubicación de parques en Irlanda y Reino Unido. Fuente: Elaboración propia

• **Noruega, Suecia, Finlandia y Dinamarca⁵:**

- **Noruega** no tiene parques en operación a escala comercial, únicamente el Hywind (flotante) está en funcionamiento hasta la fecha, 6 más de demostración están aprobados, mientras que alrededor de 17 proyectos comerciales están en fases tempranas de concepción.
- **Suecia** tiene el potencial para construir parques eólicos en alta mar, principalmente en su costa oriental. Su capacidad instalada de energía offshore es actualmente de más de 170 MW. El país tiene como objetivo producir hasta 10 TWh por año de energía eólica marina a partir de 2020.
- Al igual que Suecia, **Finlandia** también tiene potencial energético en alta mar a lo largo de su costa del Mar Báltico. Actualmente en Finlandia operan dos plantas de energía eólica en alta mar con una capacidad total de aproximadamente 32 MW.
- Con su larga línea costera a lo largo del Mar del Norte y Mar Báltico, **Dinamarca** es también un precursor en el uso de la energía eólica marina. Un total de 14 parques eólicos offshore están conectados a red con una capacidad total de unos 1.271 MW. El parque más reciente finalizado en 2013 es el parque Anholt, de 400 MW.

⁵ <http://www.offshore-windenergie.net/en/politics/international/european-offshore-politics>

Si bien a fechas de este informe, no hay parques en construcción, sí existen proyectos futuros en estadios previos con el propósito de aumentar en próximos años la capacidad de esta energía a aproximadamente 4,6 GW. Ya solo 600 MW vendrán del parque Kriegers Flak, planeado para el 2022 como parte del Acuerdo Danés de Energía, y que será el mayor del país. Como curiosidad, mencionar que este parque tendrá una ubicación cercana a la costa, entre Dinamarca y Alemania, al contrario de todos los casos que le preceden.

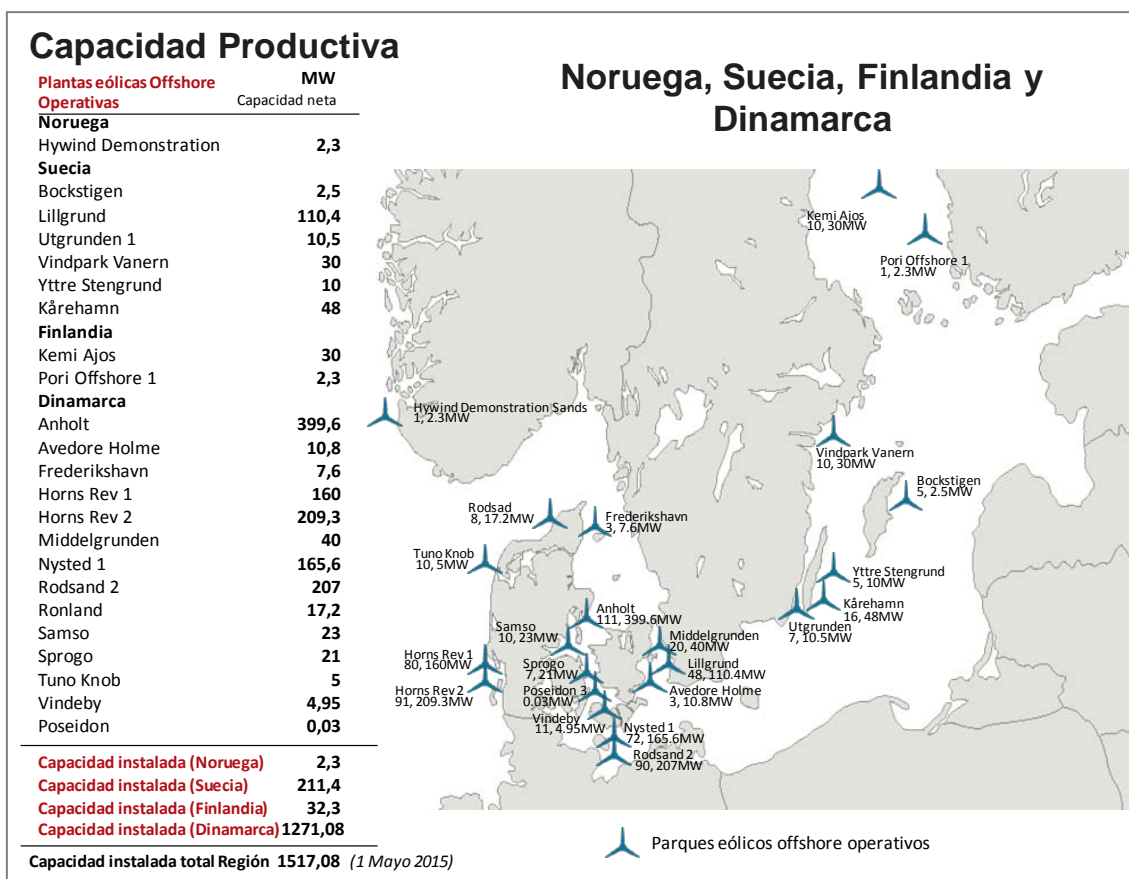


Figura 6: Ubicación de parques en Noruega, Suecia, Finlandia y Dinamarca. Fuente: Elaboración propia

- **Bélgica, Holanda y Alemania:**

- **Bélgica** posee zonas del Mar del Norte que pueden ser utilizadas para la construcción de parques eólicos marinos. Actualmente las plantas de energía eólica en alta mar suman una capacidad instalada de aproximadamente de 360 MW y próximamente alcanzará con sus 2 parques en construcción (Thornton Bank fases 2 y 3) los 648 MW. El objetivo es aumentar la capacidad hasta 2,1 GW en 2020.
- Actualmente los **Países Bajos** tienen una capacidad de generación instalada de 246,8 MW, repartida en cuatro parques operativos. El primer parque eólico marino conectado a red se completó en 2006 y sólo los proyectos aprobados antes de ese año se han realizado desde entonces, de hecho no se ha añadido capacidad desde el 2009. El país tiene como objetivo lograr una capacidad de 6 GW en 2020, de ahí que el mapa de ruta del gobierno

marque para los siguientes proyectos el inicio de sus respectivas fases de adjudicaciones: "Borssele Wind Farm Zone" en 2015, "South Holland coast Wind Farm Zone" en 2017 y "North Holland coast Wind Farm Zone" en 2019⁶.

- El objetivo político actual para la energía eólica marina, establecido por el gobierno federal de **Alemania**, apunta a una capacidad instalada total de 6500 MW en 2020. Alrededor de 2.239,2 MW de potencia offshore, concentrada en los mares del Norte y Báltico está en construcción, instalación o ya conectada a la red. Esto equivale a un 34,5% del objetivo establecido para el 2020⁷.

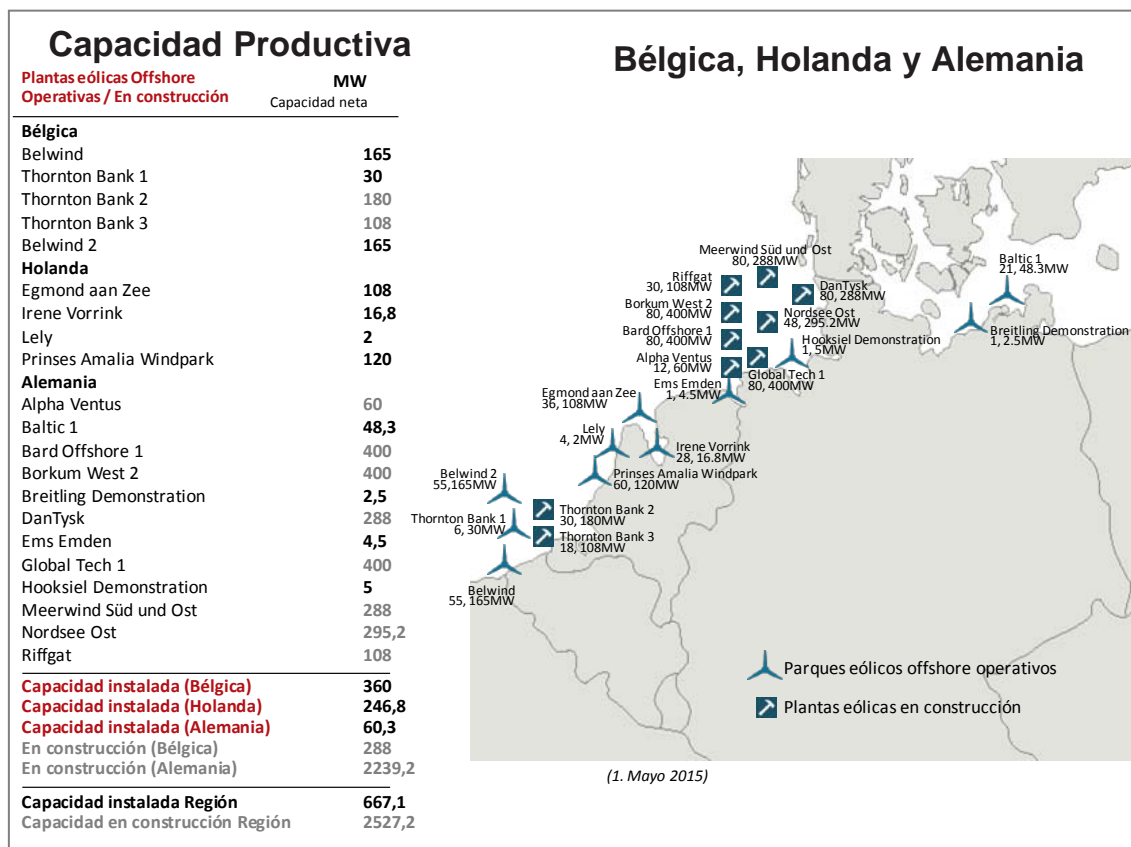


Figura 7: Ubicación de parques en Bélgica, Holanda y Alemania. Fuente: Elaboración propia

• China, Corea y Japón:

- Existen diversas estimaciones del recurso eólico marino en **China**, de acuerdo con el informe "China Wind Energy Outlook 2012", éste es de aproximadamente 200 GW a profundidades de 5-25 m con altura de buje de 50 m y 500GW en aguas de 50 m de profundidad y alturas de buje de 70 m. Medido en términos de distribución del espacio se establece que el área de la costa a lámina de agua de 20 m podría acomodar una capacidad de 100-200 GW suponiendo que 10-20% de la superficie estuviese disponible, y que cada kilómetro cuadrado utiliza turbinas de 5MW.

⁶ Netherlands Enterprise Agency (RVO.nl), Offshore wind energy in the Netherlands, Enero 2015

⁷ <https://www.wind-energie.de/en>

Los vientos más fuertes están en el estrecho de Taiwán de la costa de Fujian, seguido de Zhejiang, y en la costa oeste de Hainan. Guangdong también muestra un importante potencial, sin embargo es una provincia muy propensa a tifones, algo que tiene efectos adversos sobre los parques eólicos y todavía no ha sido solventado por la actual tecnología. Por tanto, la ocurrencia de tifones hace que las provincias de Shandong y Jiangsu sean las más atractivas para el desarrollo en la etapa actual de la tecnología⁸.

En China la mayor instalación offshore es Donghai Bridge de 102 MW cerca de Shanghai, completado en 2010. Desde entonces el desarrollo de la eólica marina ha sido lento y tan sólo un parque ha sido construido, la fase 1 del parque intermareal Rodong, con 48,3 MW instalados. El resto de instalaciones son en su mayoría turbinas con propósito de demostración. Hoy día, el país cuenta con un total de 346,1 MW de capacidad instalada.

- El potencial teórico de **Corea del Sur** en relación con la eólica offshore es de 309 GW. El gobierno coreano estableció que el área de Young-Kwang, frente a la costa suroeste de la península, fuese el banco de pruebas para la primera turbina eólica marina en el país. Así, en 2011, el desarrollador holandés de aerogeneradores STX Windpower puso en operación su turbina insignia de 2MW frente a la isla de Jeju, la cual hasta el momento es la única operativa en el país. No obstante, varios proyectos de parques están ya concedidos para su ubicación en la costa suroeste, uno de 60 MW y otro de 2,5GW, compuesto por 500 turbinas de 5MW.
- **Japón** ocupa el sexto puesto en el mundo en cuanto a superficie de mar patrimonial, y cuenta con un potencial eólico offshore explotable de 600 GW. La energía eólica marina en Japón tiene sus inicios en 2004, sin embargo las instalaciones a gran escala de tipo estacionario comenzaron en 2013 en las costas de Choshi y Kitakyushu en forma de proyectos de demostración. No obstante, las aguas de la costa de Choshi constituyen una región del océano con fuertes marejadas, mientras que las de la costa de Kitakyushu sufren frecuentes tifones.

Debido a que las costas de Japón están rodeadas de aguas profundas, el país apuesta por la construcción de parques eólicos flotantes, así el proyecto de demostración de parque eólico flotante en alta mar de Fukushima, financiado por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria, constituye el símbolo de la apuesta de Japón por las energías renovables marinas.

Está planeada la construcción de una docena de parques en los próximos años, ejemplo de ello es el de Kyushu en el sur de Japón. Una veintena de grandes empresas japonesas como Toshiba Corp. y Hitachi Zosen tienen previsto invertir 120 billones de yens (1.200 millones de euros aproximadamente) durante la próxima década para crear un gigantesco

⁸ Centre for Sustainable Energy Studies (CenSES), China's Offshore Wind Industry 2014

parque eólico marino. Está previsto que el parque eólico offshore de Kyushu genere 300 MW⁹.

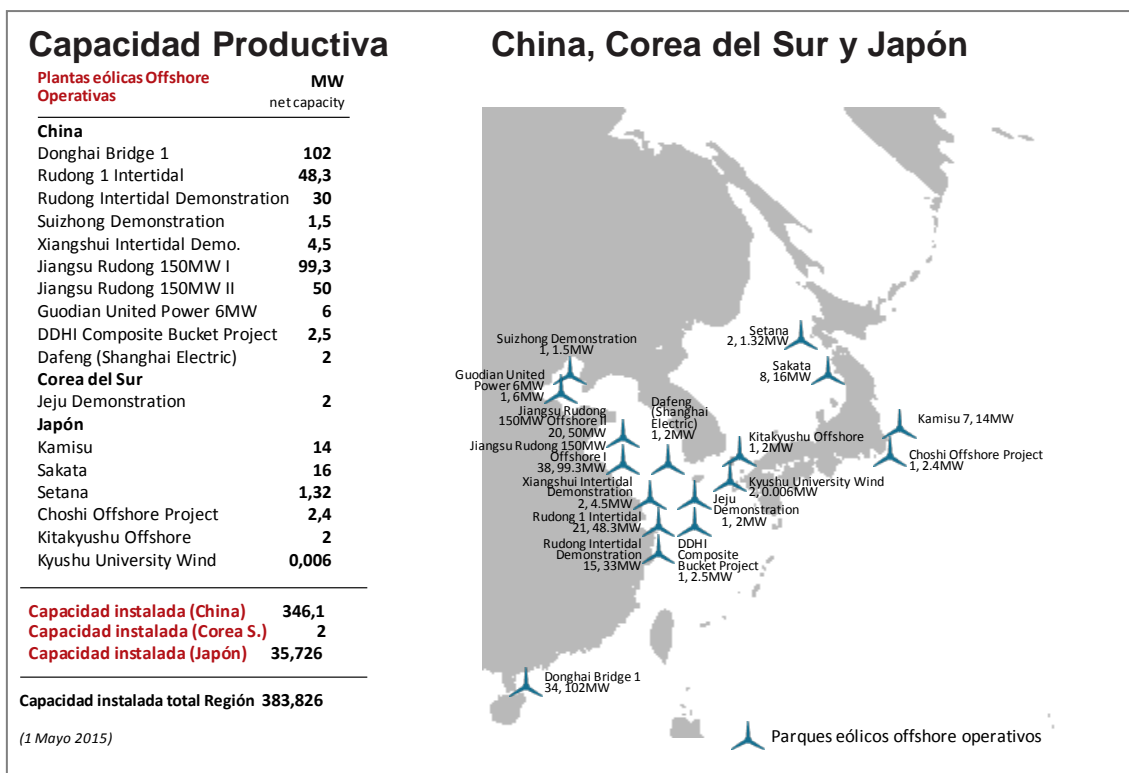


Figura 8: Ubicación de parques en China, Corea del Sur y Japón. Fuente: Elaboración propia

- **Estados Unidos:**

- **Estados Unidos**, goza de excelentes recursos eólicos en alta mar y alrededor de 12 proyectos eólicos marinos se encuentran en diversas etapas de desarrollo abarcando 10 estados del Este, Oeste, los Grandes Lagos y las costas de Texas. Estos proyectos offshore representan más de 5.000 MW con tamaños de turbinas que van desde 3 hasta 6 MW, junto con un proyecto de transmisión que podría transportar hasta 7.000 MW.

Sin embargo, no hay ningún parque comercial instalado aún. Destaca la primera turbina eólica marina en los Estados Unidos, VoltturnUS implementada por el Consorcio DeepCwind liderado por la Universidad de Maine en junio de 2013. Este es un modelo de escala 1:8 que utiliza una innovadora fijación de hormigón semisumergible.

⁹ Carbon Trust, Appraisal of the Offshore Wind Industry in Japan, Octubre 2014



Figura 9: Ubicación de parques en Estados Unidos. Fuente: Elaboración propia

1.4 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS PARQUES OFFSHORE OPERATIVOS Y EN CONSTRUCCIÓN

En los siguientes apartados se expone la información que caracteriza a los 72 parques offshore operativos y 16 parques en construcción identificados, a saber: el nombre oficial del parque y enlace su web (en su defecto a su ficha en el directorio industrial consultado), el agente explotador, potencia instalada, número de turbinas y modelo de turbinas instaladas. Asimismo, se incluye el tipo de estructura portante, distancia a la costa y rango de profundidades pues resulta de interés para identificar tecnologías adecuadas para grandes profundidades.

1.4.1 OPERATIVOS

El rango medio de profundidades de los parques en servicio se mueve entre 12,35 y 17,22 m. En cuanto a la distancia a tierra el inicio del parque comienza a 9,5 km de media, mientras que su límite está en los 10,5 km de media.

País	Parque	Agente Explotador	Potencia Instalada	Nº de Turbinas	Modelo de Turbina	Estructura Portante	Distancia a la costa	Rango de Profundidades
Alemania	Baltic 1	Energie Baden-Württemberg	48,3MW	21	Siemens SWT-2.3-93	Monopiles	16 km	16-19 m
Alemania	Breitling Demonstration	WIND-projekt	2,5 MW	1	Nordex N90/2500 (Offshore)	Gravity based	0,5 km	2 m
Alemania	Ems Emden	ENOVA	4,5 MW	1	Enercon E-112	Gravity based	0,6 km	3 m
Alemania	Hooksiel Demonstration	Bard	5 MW	1	Bard 5.0	Tripods / Tripiles	0,4 km	2-8 m
Bélgica	Belwind 1	Belwind	165 MW	55	Vestas V90-3.0 MW	Monopiles	46 km	20-37 m
Bélgica	Beldwind 2	Sumitomo Corp	165 MW	50	Vestas V112-3.3 MW	Gravity based	42 km	20-33 m
Bélgica	Thornton Bank 1	C-Power	30 MW	6	REpower 5M	Gravity based	26-27 km	12-27,5 m
China	Donghai Bridge 1	Shanghai Donghai Wind Power	102 MW	34	Sinovel SL3000/90	Gravity based	8-13 km	10 m
China	Rudong 1 Intertidal	China Longyuan Power	48,3 MW	21	Siemens SWT-2.3-101	Other piled	3-8 km	-

País	Parque	Agente Explotador	Potencia Instalada	Nº de Turbinas	Modelo de Turbina	Estructura Portante	Distancia a la costa	Rango de Profundidades
China	Rudong Intertidal Demonstration	China Longyuan Power	30 MW	15	Mingyang MY 1.5s / Guodian UP82-1500 / SEWIND W2000M / Sany Electric SE9320III-S3 / Envision E82 / CSIC HZ93-2000 / BaoNan BN82-2MW / Sinovel SL3000/90 / Goldwind GW 100/2.5 MW	Other piled	3,5-4,5 km	-
China	Suizhong Demonstration	China National Offshore Oil Corporation	1,5 MW	1	Goldwind GW 100/1500	Jackets	70 km	32 m
China	Xiangshui Intertidal Demonstration	Yangtze New Energies Development	4,5 MW	2	SEWIND W2000M / Goldwind GW 100/2.5 MW	Other piled	3,5 km	0-4 m
China	Jiangsu Rudong 150MW Offshore (Intertidal) Demonstration Wind Farm - phase I	Jiangsu Longyuan Offshore Wind Power	99,3 MW	38	Sinovel SL3000/90 (17 Turbines) Siemens SWT-2.3-101 (21 Turbines)	Monopiles	4,5 km	0-4 m
China	Jiangsu Rudong 150MW Offshore (Intertidal) Demonstration Wind Farm - phase II	Jiangsu Longyuan Offshore Wind Power	50 MW	20	Goldwind GW 109/2500	Monopiles	4,5 km	0-4 m
China	Guodian United Power 6MW Prototype	Guodian United Power Technology	6 MW	1	Guodian United Power UP6000-136	Gravity based	-	-
China	DDHI Composite Bucket Foundation Test Project	DaoDa Heavy Industry Group	2,5 MW	1	-	Monopiles	-	-
China	Dafeng (Shanghai Electric) Intertidal Demonstration Turbine	China Power International New Energy Holding	2 MW	1	Shanghai Electric SE 2.0/93	Gravity based	-	-
Corea del Sur	Jeju Demonstration	Korean Institute for Energy Research	2 MW	1	STX 72	Jackets	1,2 km	-
Dinamarca	Anholt	DONG Energy	399,6 MW	111	Siemens SWT-3.6-120	Monopiles	15-20 km	15-19 m

País	Parque	Agente Explotador	Potencia Instalada	Nº de Turbinas	Modelo de Turbina	Estructura Portante	Distancia a la costa	Rango de Profundidades
Dinamarca	Avedøre Holme	DONG Energy	10,8 MW	3	Siemens SWT-3.6-120	Gravity based	0,05-0,1 km	0,5-2 m
Dinamarca	Frederikshavn	DONG Energy	7,6 MW	3	Nordex N90/2300 / Vestas V90-3.0 MW / Bonus 2.3 MW/82	Monopiles	1 km	1-4 m
Dinamarca	Horns Rev 1	Vattenfall	160 MW	80	Vestas V80-2.0 MW	Monopiles	14-20 km	6-14 m
Dinamarca	Horns Rev 2	DONG Energy	209,3 MW	91	Siemens SWT-2.3-93	Monopiles	30 km	9-17 m
Dinamarca	Middelgrunden	DONG Energy	40 MW	20	Bonus 2.0 MW/76	Gravity based	2 km	3-5 m
Dinamarca	Nysted 1	DONG Energy	165,6 MW	72	Bonus 2.3 MW/82	Gravity based	10,8 km	6-10 m
Dinamarca	Rodsand 2	E.ON	207 MW	90	Siemens SWT-2.3-93	Gravity based	8,8 km	6-12 m
Dinamarca	Ronland	Vindenergi/Harboøre Møllelaug + Thyborøn-Harboøre Vindmøllelaug	17,2 MW	8	Vestas V80-2.0 MW / Bonus 2.3 MW/82	Gravity based	0,1 km	0-2 m
Dinamarca	Samsø	Samsø Havvind	23 MW	10	Bonus 2.3 MW/82	Monopiles	3,5 km	10-13 m
Dinamarca	Sprogø	Sund & Bælt	21 MW	7	Vestas V90-3.0 MW	Gravity based	10,6 km	6-16 m
Dinamarca	Tuno Knob	DONG Energy	5 MW	10	Vestas V39-500 kW	Gravity based	6 km	3-6 m
Dinamarca	Vindeby	DONG Energy	4,95 MW	11	Bonus 450 kW/37	Gravity based	1,5-3 km	2-6 m
Dinamarca	Poseidon	Floating Power Plant	0,03 MW	3	GAIA 0.011 MW	Floating: Semi-Sumersible Platform	-	-
Estados Unidos	DeepCwind Consortium	DeepCWind Consortium	0,02 MW	1	Renewegy VP-20	Floating: Semi-Sumersible Platform	3,5 km	18 m
Finlandia	Kemi Ajos	Innopower	30 MW	10	WinWind WWD-3	Gravity based	0,04 km	3-8 m
Finlandia	Pori Offshore 1	Suomen Hyötytuuli	2,3 MW	1	Siemens SWT-2.3-101	Gravity based	1,2 km	9 m
Holanda	Egmond aan Zee	Nuon	108 MW	36	Vestas V90-3.0 MW	Monopiles	10-18 km	18 m
Holanda	Irene Vorrink	Nuon	16,8 MW	28	Nordtank NKT 600/43	Monopiles	0,3 km	1-2 m
Holanda	Lely	Nuon	2 MW	4	Nedwind N40/500	Monopiles	0,75-0,8 km	5-10 m
Holanda	Prinses Amalia Windpark	Eneco	120 MW	60	Vestas V80-2.0 MW	Monopiles	23 km	19-24 m
Irlanda	Arklow Bank 1	Airtricity	25,2 MW	7	GE 3.6 MW Offshore	Monopiles	10 km	4,2-6,4 m
Japón	Kamisu	Wind Power Ibaraki	14 MW	7	Subaru 80/2.0 MW	Monopiles	0,04 km	5 m
Japón	Sakata	Summit Wind Power	16 MW	8	Vestas V80-2.0 MW	Other Piled	0,2 km	2-4 m

País	Parque	Agente Explotador	Potencia Instalada	Nº de Turbinas	Modelo de Turbina	Estructura Portante	Distancia a la costa	Rango de Profundidades
Japón	Setana	Setana Town	1,32 MW	2	Vestas V47-660 kW	Other Piled	0,7 km	12-13 m
Japón	Choshi Offshore Demonstration Project	Tokyo Electric Power Company New Energy and Industrial Technology Development Organisation (NEDO)	2,4 MW	1	Mitsubishi Heavy Industries MHI 2,4 MW	Gravity based	1,4-3,1 Km	10-12 m
Japón	Kitakyushu Offshore	New Energy and Industrial Technology Development Organisation (NEDO) J Power	2 MW	1	JSW J82 (Japón Steel Works)	Gravity based	1,3-3,4 km	5-14 m
Japón	Kyushu University Wind Lens Project	RIAMWIND Kyushu University	0,006 MW	2	Wind Lens	Floating: Semi-Sumersible Platform	0,7-4,7 km	3-3 m
Noruega	Hywind Demonstration	Haugaland Kraft	2,3 MW	1	Siemens SWT-2.3-82 VS	Spar	10 km	220 m
Portugal	WindFloat Demonstration	Energias de Portugal	2 MW	1	Vestas V80-2.0 MW	Floating: Semi-Sumersible Platform	5 km	42-53 m
Reino Unido	Barrow	DONG Energy	90 MW	30	Vestas V90-3.0 MW	Monopiles	7,5 km	15-20 m
Reino Unido	Beatrice Demonstration	SSE Renewables	10 MW	2	REpower 5M	Jackets	23 km	45 m
Reino Unido	Blyth	E.ON	4 MW	2	Vestas V66-2.0 MW	Monopiles	1,6 km	6-11 m
Reino Unido	Burbo Bank 1	DONG Energy	90 MW	25	Siemens SWT-3.6-107	Monopiles	6,4 km	2-8 m
Reino Unido	Greater Gabbard	SSE Renewables	504 MW	140	Siemens SWT-3.6-107	Monopiles	26 km	24-34 m
Reino Unido	Gunfleet Sands	DONG Energy	172,8 MW	48	Siemens SWT-3.6-107	Monopiles	7 km	0-15 m
Reino Unido	Kentish Flats 1	Vattenfall	90 MW	30	Vestas V90-3.0 MW	Monopiles	0,04 km	5 m
Reino Unido	London Array 1	DONG Energy	630 MW	175	Siemens SWT-3.6-120	Monopiles	19-20 km	0-25 m
Reino Unido	Lynn and Inner Dowsing	Centrica Energy	194,4 MW	54	Siemens SWT-3.6-107	Monopiles	19-20 km	6,3-11,2 m
Reino Unido	North Hoyle	RWE npower renewables	60 MW	30	Vestas V80-2.0 MW	Monopiles	7-8 km	7-11 m
Reino Unido	Ormonde	Vattenfall	150 MW	30	REpower 5M	Jackets	9,5-14 km	17-21 m
Reino Unido	Rhyl Flats	RWE npower renewables	90 MW	25	Siemens SWT-3.6-107	Monopiles	8 km	6,5-12,5 m

País	Parque	Agente Explotador	Potencia Instalada	Nº de Turbinas	Modelo de Turbina	Estructura Portante	Distancia a la costa	Rango de Profundidades
Reino Unido	Robin Rigg	E.ON	180 MW	60	Vestas V90-3.0 MW	Monopiles	11-13 km	3-12 m
Reino Unido	Scroby Sands	E.ON	60 MW	30	Vestas V80-2.0 MW	Monopiles	2,3 km	5-10 m
Reino Unido	Sheringham Shoal	Scira Offshore Energy	316,8 MW	88	Siemens SWT-3.6-107	Monopiles	17-23 km	17-22 m
Reino Unido	Thanet	Vattenfall	300 MW	100	Vestas V90-3.0 MW	Monopiles	11,3-11,5 km	20-25 m
Reino Unido	Walney 1	DONG Energy	183.6 MW	51	Siemens SWT-3.6-107	Monopiles	14,4-18 km	21-26 m
Reino Unido	Walney 2	DONG Energy	183,6 MW	51	Siemens SWT-3.6-120	Monopiles	21-26 km	8 m
Suecia	Bockstigen	Nordisk Vindkraftservice	2,5 MW	5	Wind World W-3700/500 kW	Monopiles	3-4 km	6 m
Suecia	Lillgrund	Vattenfall	110,4 MW	48	Siemens SWT-2.3-93	Gravity based	7 km	4-10 m
Suecia	Utgrunden 1	Vattenfall	10,5 MW	7	Enron EW 1.5s	Monopiles	8-12,5 km	7,1-9,9 m
Suecia	Vindpark Vanern	Vindpark Vänern	30 MW	10	WinWind WWD-3	Gravity based	7 km	3-13 m
Suecia	Yttre Stengrund	Vattenfall	10 MW	5	NEG Micon NM72/2000	Monopiles	4 km	6-10 m
Suecia	Kårehamn	E.ON	48 MW	16	Vestas V112-3.0 MW	Gravity based	3,8-7 km	8-20 m

Tabla 6: Características principales de los parques offshore operativos a nivel mundial. Fuente: elaboración propia a partir de directorios industriales y páginas de los parques.parques.

1.4.2 EN CONSTRUCCIÓN

El rango medio de profundidades de los parques en construcción se mueve entre **20 y 28 m** (calculado sobre los 16 parques europeos identificados), mientras que en el año 2010 era de 18,8 metros¹⁰, lo cual supone un incremento significativo en pocos años. En cuanto a la distancia a tierra, se pasa de 27,1km en 2010 a distancias entre **37,3 y 43,2 km** para próximos parques, por lo que también refleja la tendencia por construir en emplazamientos más alejados de la costa.

Visto desde el punto de vista de los 72 parques construidos, también se aprecia un aumento tanto en la distancia media como en la profundidad de instalación (para los parques en servicio la profundidad estaba entre 12,35 - 17,22 m y la distancia a costa entre 9,5 -10,5 km).

País	Parque	Agente Explotador	Potencia Instalada	Nº de Turbinas	Modelo de Turbina	Fabricante turbina	Estructura Portante	Distancia a la costa	Rango de Profundidades
Alemania	Alpha Ventus	Stiftung Offshore Windenergie	60 MW	12	AREVA M5000-116 / REpower 5M	AREVA Wind, REpower Systems	Tripods / Jackets	45-60 km	30-45 m
Alemania	Bard Offshore 1	Bard	400 MW	80	Bard 5.0	Bard	Tripods / Tripiles	90-101 km	40 m
Alemania	Borkum West 2	Trianel	400 MW	80	AREVA M5000-116	AREVA Wind	Tripods / Tripiles	44-60 km	28-33 m
Alemania	DanTysk	Vattenfall	288 MW	80	Siemens SWT-3.6-120	Siemens Wind Power	Monopiles	69 km	21-31 m
Alemania	Global Tech 1	Global Tech 1 Offshore Wind	400 MW	80	AREVA M5000-116	AREVA Wind	Tripods / Tripiles	115-138 km	39-41 m
Alemania	Meerwind Süd und Ost	WindMW	288 MW	80	Siemens SWT-3.6-120	Siemens Wind Power	Monopiles	53 km	22-26 m
Alemania	Nordsee Ost	RWE Innogy	295,2 MW	48	REpower 6M	REpower Systems	Jackets	57 km	22-25 m
Alemania	Riffgat	EWE	108 MW	30	Siemens SWT-3.6-120	Siemens Wind Power	Monopiles	15-30 km	18-23 m
Bélgica	Thornton Bank 2	C-Power	180 MW	30	REpower 6M	REpower Systems	Jackets	26-27 km	12-27,5 m
Bélgica	Thornton Bank 3	C-Power	108 MW	18	REpower 6M	REpower Systems	Jackets	26-27 km	12-27,5 m

¹⁰ Cluster Marítimo Español, Oportunidades de Negocio de la Energía Eólica Marina en el sector marítimo español, 2011

País	Parque	Agente Explotador	Potencia Instalada	Nº de Turbinas	Modelo de Turbina	Fabricante turbina	Estructura Portante	Distancia a la costa	Rango de Profundidades
Francia	Parc Eolien de Fécamp	EDF Energy Renewables	498 MW	83	Alstom Haliade 150-6MW	Alstom	Cimentacion por gravedad	13 km	25-31 m
Reino Unido	Gunfleet Sands 3 Demonstration	DONG Energy	12 MW	2	Siemens SWT-6.0-120	Siemens Wind Power	Monopiles	8,5 km	5-12 m
Reino Unido	Gwynt y Môr	RWE npower renewables	576 MW	160	Siemens SWT-3.6-107	Siemens Wind Power	Monopiles	13-18 km	12-28 m
Reino Unido	Lincs	Centrica Energy	270 MW	75	Siemens SWT-3.6-120	Siemens Wind Power	Monopiles	6-8 km	8,5-16,3 m
Reino Unido	Teesside	EDF Energy Renewables	62,1 MW	27	Siemens SWT-2.3-93	Siemens Wind Power	Monopiles	1,5 km	8-16,5 m
Reino Unido	West of Duddon Sands	DONG Energy	389 MW	108	Siemens SWT-3.6-120	Siemens Wind Power	Monopiles	15-20,2 km	17-24 m

Tabla 7: Características principales de los parques offshore en fase de construcción a nivel mundial. Fuente: elaboración propia a partir de directorios industriales y páginas de los parques.parques.

1.5 PROVEEDORES TECNOLÓGICOS EN PARQUES OPERATIVOS O EN CONSTRUCCIÓN

En este apartado, se muestra en la medida en que esta información sea pública los nombres de los agentes participantes en la puesta en marcha de los 88 parques identificados (en servicio y en construcción): agente explotador, fabricante de las turbinas, instalador de las turbinas, diseño de la subestructura, instalación cimentaciones de la subestructura, contratista principal de la subestructura, diseño de la estructura de la subestación, instalación de las subestación, proveedor de los componentes eléctricos de las subestaciones, productor de los cables de exportación (Export), instalación de los cables de exportación, productor de la matriz de cables (Array), instalacion de la matriz de cables, barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal.

Tal como se comentó en el apartado de Análisis 1.2, en muy pocas ocasiones se obtuvo información sobre los fabricantes de las torres y de las cimentaciones, por lo que se decidió no mostrar esta información en las siguientes tablas correspondientes a los proveedores tecnológicos participantes en los 88 parques identificados:

1.5.1 ALEMANIA

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Alpha Ventus</u>	Stiftung Offshore Windenergie	AREVA Wind, REpower Systems	Jack Up Barges - 6 x AREVA M5000-116, GeoSea - 6 x REpower 5M. Part of DEME Group GeoSea - 6 x REpower 5M. Part of DEME Group	Offshore Wind Technologie (OWT) - 6 x tripods	Bugsier Reederei - 6 x tripods Hochtief - Transition pieces for tripods and lower tower sections for 6 x AREVA M5000-116 turbines Heerema Marine Contractors (HMC) - 6 x jackets incl. transition pieces GeoSea - Pre-pilling 6 x jackets (24 piles), Part of DEME Group	AREVA Wind	IMS Ingenieurgesellschaft - Topside and jacket	SMIT - Topside and jacket Hochtief - Post-pilling OSS jacket (4 piles)	AREVA T&D - Now Alstom Grid	Prysmian	Oceanteam - Cable laying CTC Marine - Burial. Now DeepOcean Global Marine Systems - Burial - ROV	Norddeutsche Seekabelwerke (NSW)	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC)	Frisia Offshore, EMS Maritime Offshore, A2SEA (DONG Energy), Jack Up Barges, GeoSea, SMIT, EMS Maritime Offshore, Nico Middle East

ENTREGABLE II: "Informe de análisis sectorial relativo a la Eólica Offshore y Undimotriz"

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Baltic 1</u>	Energie Baden-Württemberg	Siemens Wind Power	A2SEA	-	A2SEA - Monopiles and transition pieces Peter Madsen Rederi (PM) - Scour protection	-	Ballast Nedam	Bonn & Mees Drijvende Bokken - Topside and transition piece A2SEA - Monopile	ABB	NKT Cables 150 kV	JD-Contractor (Jydsk Dyk)	NKT Cables 30 kV / NKT Cables 30 kV	JD-Contractor (Jydsk Dyk)	OPUS MARINE, Turbine Transfers (subsidiary of Holyhead Towing Company Ltd), TP Offshore
<u>Bard Offshore 1</u>	Bard	Bard	Jack Up Barges - 18 turbines Hochtief - 12 turbines	-	Bard	-	IMS Ingenieurgesellschaft	Jack Up Barges	Siemens Transmission and Distribution	ABB 170 kV	Offshore Marine Management	Norddeutsche Seekabelwerke (NSW) 36 kV	CTC Marine - Now DeepOcean	Jack-Up Barge, Maritime Craft Services (Clyde) Ltd, EMS Maritime Offshore GmbH, SureWind Marine, SeaZip Offshore Service B.V., Njord Offshore, Marinenco UK Ltd, Turbine Transfers
<u>Borkum West 2</u>	Trianel	AREVA Wind	GeoSea - 40 turbines. Part of DEME Group	Offshore Wind Technologie (OWT) - Tripods	Seaway Heavy Lifting - Tripods GeoSea - Pre-piling. Part of DEME Group	-	-	Seaway Heavy Lifting	Alstom Grid	ABB	-	Norddeutsche Seekabelwerke (NSW)	Norddeutsche Seekabelwerke (NSW)	UPTIME AMC gangway
<u>Breitling Demonstration</u>	WIND-projekt	Nordex	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>DanTysk</u>	Vattenfall	Siemens Wind Power	Swire Blue Ocean	COWI IMS Ingenieurgesellschaft NIRAS	Workfox (Seafox Contractors)	Aarsleff/Bilfinger Berger JV (ABJV)	IMS Ingenieurgesellschaft - Topside and jacket	Seaway Heavy Lifting - Topside and jacket	Strukton	Prysmian 155 kV XLPE		Parker Scanrope 33 kV	Van Oord	Surewind Marine, Njord Offshore, Windcat Workboats Ltd, Fred Olsen Windcarrier Dinamarca A/S, Maritime Craft Services, SeaZip Offshore Service, Chevalier Floatels, Stemat Marine Services
<u>Ems Emden</u>	ENOVA	Enercon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Maritime Craft Services
<u>Global Tech 1</u>	Global Tech 1 Offshore Wind	AREVA Wind	Hochtief HGO InfraSea Solutions	WeserWind	Hochtief HGO InfraSea Solutions	Tripod Global Tech 1 - Erndtebrücke Eisenwerk/WeserWind JV	Overdick - Topside and foundation	Keppel - Floating offshore substation/seil-installing	Alstom Grid	Prysmian 155 kV		Norddeutsche Seekabelwerke (NSW)	Global Marine Systems	World Marine Offshore, Maritime Craft Services, Marinco UK Ltd
<u>Hooksiel Demonstration</u>	Bard	Bard	Bard	Bard	Bard	-	-	-	-	Norddeutsche Seekabelwerke (NSW)	-	-	-	SMIT
<u>Meerwind Süd und Ost</u>	WindMW	Siemens Wind Power	Rambøll	-	Seajacks - Monopiles and transition pieces	-	WeserWind - Topside and jacket	Seaway Heavy Lifting	Alstom Grid	Prysmian 155 kV	-	JDR Cables	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC)	-
<u>Nordsee Ost</u>	RWE Innogy	REpower Systems	RWE Offshore Logistics	Rambøll	-	-	-	-	Siemens Transmission & Distribution	Prysmian 155 kV	-	ABB	-	-
<u>Riffgat</u>	EWE	Siemens Wind Power	Fred Olsen Windcarrier	-	Seaway Heavy Lifting	-	-	Seaway Heavy Lifting	-	NKT Cables 155 kV	-	Nexans 33 kV	-	-

Tabla 8: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Alemania. Fuente: elaboración propia

1.5.2 BÉLGICA

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Belwind 1</u>	Belwind	Vestas Wind Systems	Jack Up Barges	Rambøll Danmark	Ballast Nedam - Monopiles and transition pieces	Van Oord	Iemants - Topside. Part of Smulders	SMIT - Topside Ballast Nedam - Foundation Van Oord - Transition piece	Fabricom GDF Suez	Nexans 170 kV	Nexans	Parker Scanrope 33 kV	Van Oord - Cable laying Global Marine Systems - Burial	Fred Olsen Windcarrier Dinamarca
<u>Belwind 2</u>	Sumitomo Corp	Vestas Wind Systems	-	Rambøll Danmark A/S	-	-	-	-	-	Nexans France	-	-	-	-
<u>Thornton Bank 1</u>	C-Power	REpower Systems	GeoSea - Part of DEME Group	COWI	Scaldis Salvage & Marine Contractors	THV Seawind	OWEC Tower - Topside and jacket foundation	-	ABB	ABB 170 kV	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC)	ABB 36 kV	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC)	-
<u>Thornton Bank 2</u>	C-Power	REpower Systems	GeoSea - Part of DEME Group	OWEC Tower	Scaldis Salvage & Marine Contractors - Jacket foundations GeoSea - Pre-pilling for jackets. Part of DEME Group	-	OWEC Tower - Topside and jacket foundation	Scaldis Salvage & Marine Contractors	ABB	ABB 170 kV	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC)	ABB 36 kV	Global Marine Systems	-
<u>Thornton Bank 3</u>	C-Power	REpower Systems	GeoSea - Part of DEME Group	OWEC Tower	Scaldis Salvage & Marine Contractors - Jacket foundations GeoSea - Pre-pilling for jackets. Part of DEME Group	-	OWEC Tower - Topside and jacket foundation	-	ABB	ABB 170 kV	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC)	ABB 36 kV	Global Marine Systems	-

Tabla 9: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Bélgica. Fuente: elaboración propia

1.5.3 CHINA

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Donghai Bridge 1</u>	Shanghai Donghai Wind Power	Sinovel Wind	CCCC Third Harbour Engineering	-	-	-	-	-	-	Zhongtian Technologies (ZTT) 35 kV	-	Qingdao Hanhe Cable 35 kV	-	-
<u>Rudong 1 Intertidal</u>	China Longyuan Power	Siemens Wind Power	Jiangsu Electric Power Construction	-	Nantong Ocean Water Conservancy Engineering	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Rudong Intertidal Demonstration</u>	China Longyuan Power	Mingyang Wind Power, Guodian United Power, Shanghai Electric Wind Power (SEWIND), Sany Electric, Envision Energy, CSIC Haizhuang Windpower, Wuxi BaoNan Machinery, Sinovel Wind, Goldwind	-	-	CCCC Third Harbour Engineering Nantong Ocean Water Conservancy Engineering	-	-	-	-	-	ABB	Zhongtian Technologies (ZTT) 35 kV	Zhongtian Technologies (ZTT) 35 kV	-
<u>Suizhong Demonstration</u>	China National Offshore Oil Corporation	Goldwind	Goldwind	-	-	-	-	-	-	Zhongtian Technologies (ZTT) 10 kV	-	-	-	-
<u>Xiangshui Intertidal Demonstration</u>	Yangtze New Energies Development	Shanghai Electric Wind Power (SEWIND), Goldwind	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Zhongtian Technologies (ZTT) 35 kV	-	-
<u>Jiangsu Rudong 150MW Offshore (Intertidal) Demonstration Wind Farm - phase I</u>	Jiangsu Longyuan Offshore Wind Power	Siemens Wind Power Sinovel Wind Group	Jiangsu Electric Power Construction Corporation	-	Nantong Ocean Water Engineering	-	-	-	-	Jiangsu Zhongtian Technology	-	-	-	-

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Jiangsu Rudong 150MW Offshore (Intertidal) Demonstration Wind Farm - phase II</u>	Jiangsu Longyuan Wind Power	Goldwind (Chongqing) Haizhuang Windpower Equipment	-	-	Jiangsu Longyuan Zhenhua Marine Engineering	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Guodian United Power 6MW Prototype</u>	Guodian United Power Technology	Guodian United Power Technology	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>DDHI Composite Bucket Foundation Test Project</u>	DaoDa Heavy Industry Group	XEMC Windpower	DaoDa Heavy Industry Group	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Dafeng (Shanghai Electric) Intertidal Demonstration Turbine</u>	China Power International New Energy Holding	Shanghai Electric Power Generation Group	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 10: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en China. Fuente: elaboración propia

1.5.4 COREA DEL SUR

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Jeju Demonstration</u>	Korean Institute for Energy Research	STX Windpower	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 11: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Corea del Sur. Fuente: elaboración propia

1.5.5 DINAMARCA

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento o transporte de personal
<u>Anholt</u>	DONG Energy	Siemens Wind Power	A2SEA	Rambøll	Ballast Nedam GEO - Geotechnical and geophysical investigations	MT Højgaard	Rambøll	A2SEA	Siemens Transmission and Distribution	NKT Cables 245 kV / Nexans 34 kV	JD-Contractor (Jydsk Dyk)	Nexans 34 kV	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC)	A2SEA (DONG Energy), Seacat Services, Offshore Wind Services, Fred Olsen Windcarrier Dinamarca, TP Offshore, Northern Offshore Services, Danish Offshore, Fred Olsen Renewables transport
<u>Avedøre Holme</u>	DONG Energy	Siemens Wind Power	-	-	-	-	-	-	-	S&D, DONG Energy A/S	S&D, DONG Energy A/S	S&D, DONG Energy A/S	S&D, DONG Energy A/S	-
<u>Frederikshavn</u>	DONG Energy	Nordex, Vestas Wind Systems, Bonus Energy - Now Siemens Wind Power	A2SEA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento o transporte de personal
<u>Horns Rev 1</u>	Vattenfall	Vestas Wind Systems	Ballast Nedam - 80 turbinas A2SEA - Re-completion of turbine installation	NIRAS	Van Oord - Lead Scaldis Salvage & Marine Contractors - 80 monopiles DBB Jack-Up Services - 80 transition pieces Dredging International - Scour protection. Part of DEME Group	MT Højgaard	-	SMIT - Topside Scaldis Salvage & Marine Contractors - Monopile	Siemens Transmission and Distribution - 36 kV switchgear Alstom Grid - 170 kV transformer	Nexans 150 kV	JD-Contractor (Jydsk Dyk)	Nexans 36 kV PEX	Global Marine Systems JD-Contractor (Jydsk Dyk) Depret	KEM Offshore, Fred Olsen Windcarrier Dinamarca, A2SEA, J-D Contractor
<u>Horns Rev 2</u>	DONG Energy	Siemens Wind Power	A2SEA	-	A2SEA - Monopiles and transition pieces	-	Rambøll - Topside and jacket foundation	Bonn & Mees Drijvende Bokken - Topside and jacket A2SEA - Piling for jacket foundation	-	Nexans 170 kV XLPE	JD-Contractor (Jydsk Dyk)	Nexans 34 kV XLPE	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC) - Cable laying Global Marine Systems - Cable burial	Northern Offshore Services, KEM Offshore, SureWind Marine, Fred Olsen Windcarrier Dinamarca, A2SEA (DONG Energy), Vroon BV, J-D Contractor, Vicking Supply Ships, Bonn & Mees Drijvende Bokken
<u>Middelgrunde II</u>	DONG Energy	Bonus Energy - Now Siemens Wind Power	Muhibbah Engineering	Carl Bro - Now Grontmij	Eide Contracting - Gravity based foundations Pihl - Gravity based foundations GEO - Geotechnical Investigation	Monberg & Thorsen - Now MT Højgaard	-	-	-	T Cables 30 kV	JD-Contractor (Jydsk Dyk))	NKT Cables 30 kV	JD-Contractor (Jydsk Dyk))	-

ENTREGABLE II: “Informe de análisis sectorial relativo a la Eólica Offshore y Undimotriz”

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestaciones	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento o transporte de personal
<u>Nysted 1</u>	DONG Energy	Bonus Energy - Now Siemens Wind Power	A2SEA	COWI	Eide Contracting - Foundations Peter Madsen Rederi - Seabed preparation and dredging	-	COWI	Scaldis Salvage & Marine Contractors	-	Pirelli Cables (Now Prysmian) 132 kV	JD-Contractor	ABB 36 kV	Mika - Laying and burial. Now Implenia Peter Madsen Rederi - Burial	-
<u>Rodsand 2</u>	E.ON	Siemens Wind Power	A2SEA	COWI	Eide Contracting - Gravity based foundations Peter Madsen Rederi - Scour protection	Aarsleff/Bilfinger Berger	COWI - Gravity foundation	Scaldis Salvage & Marine Contractors	Siemens Transmission and Distribution	ABB 145 kV	JD-Contractor (Jydsk Dyk)	Norddeutsche Seekabelwerke (NSW) 36 kV	Norddeutsche Seekabelwerke (NSW)	-
<u>Ronland</u>	Vindenergi/Harboøre Møllelaug + Thyborøn-Harboøre Vindmøllelaug	Vestas Wind Systems - 4 Turbines, Bonus Energy - Now Siemens Wind Power - 4 turbines	-	Grontmij	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Samsø</u>	Samsø Havvind	Bonus Energy - Now Siemens Wind Power	Hydro Soil Services - Now DEME	COWI - Monopiles and transition pieces DONG Energy - Monopiles and transition pieces	Hydro Soil Services - Now DEME	GeoSea - Part of DEME Group	-	-	-	ABB 36 kV	-	ABB 36 kV	-	-
<u>Sprogø</u>	Sund & Bælt	Vestas Wind Systems	A2SEA	-	Eide Contracting	Aarsleff/Bilfinger Berger (ABJV)	-	-	-	NKT Cables 10 kV	Peter Madsen Rederi Svensk Sjøentreprenørd	NKT Cables 10 kV	Peter Madsen Rederi Svensk Sjøentreprenørd	-
<u>Tuno Knob</u>	DONG Energy	Vestas Wind Systems	-	-	-	-	-	-	-	-	JD-Contractor (Jydsk Dyk)	-	JD-Contractor (Jydsk Dyk)	-

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Vindeby</u>	DONG Energy	Bonus Energy - Now Siemens Wind Power	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Poseidon</u>	Floating Power Plant	GAIA Wind Energy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 12: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Dinamarca. Fuente: elaboración propia

1.5.6 ESTADOS UNIDOS

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>DeepCwind Consortium</u>	DeepCwind Consortium	Renewegy, ERSHIGS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 13: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Estados Unidos. Fuente: elaboración propia

1.5.7 FINLANDIA

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Kemi Ajos</u>	Innopower	WinWinD	Pekkaniska	Ponvia	Terramare - Gravity based foundations and construction of artificial islands Pekkaniska - Lifting contrator	-	-	-	-	Kemin Energia 20 kV	Eitel Networks	Kemin Energia 20 kV	Eitel Networks	-
<u>Pori Offshore 1</u>	Suomen Hyötytuuli	Siemens Wind Power	Technip	Eranti Engineering	Technip	-	-	-	-	-	Kaplaaki	-	-	-

Tabla 14: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Finlandia. Fuente: elaboración propia

1.5.8 FRANCIA

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Parc éolien en mer de Fécamp</u>	Eolien Maritime France, EDF Energie Nouvelles, DONG energy, WPD Offshore	Alstom Power	-	Seatower	MT Højgaard	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 15: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Francia. Fuente: elaboración propia

1.5.9 HOLANDA

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Edmond aan Zee</u>	Nuon	Vestas Wind Systems	A2SEA Ballast Nedam	Ballast Nedam	Ballast Nedam - Monopiles and transition pieces Densit - Grouting	-	-	-	-	Prysmian 36 kV	Oceanteam	Prysmian 36 kV	Oceanteam Global Marine Systems	Windcat Workboats, Workshop Contractors, K and W Trans, A2SEA
<u>Irene Vorrink</u>	Nuon	Nordtank - Now Vestas Wind Systems	-	-	Ballast Nedam - Monopiles	Ballast Nedam	-	-	-	-	-	-	-	nd
<u>Lely</u>	Nuon	Nedwind - Now Vestas Wind Systems	-	-	Ballast Nedam	-	-	-	-	-	-	-	-	CT Offshore
<u>Prinses Amalia Windpark</u>	Eneco	Vestas Wind Systems	A2SEA	-	Van Oord	Van Oord	Bladt Industries - Topside	Van Oord	ABB	ABB 170 kV	Van Oord	ABB 24 kV	Van Oord Global Marine Systems	-

Tabla 16: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Holanda. Fuente: elaboración propia

1.5.10 IRLANDA

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Arklow Bank 1</u>	Airtricity	GE Energy	Van Oord	-	Van Oord	-	-	-	-	Nexans 35 kV	Five Oceans Services - Now Siem Offshore Contractors JD- Contractor (Jydsk Dyk)	Nexans 35 kV	Five Oceans Services - Now Siem Offshore Contractors	Windcat Workboats, A2SEA (DONG Energy), Fugro Seacore,

Tabla 17: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Irlanda. Fuente: elaboración propia

1.5.11 JAPÓN

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Kamisu</u>	Wind Power Ibaraki	Hitachi Power Systems	-	-	IHC Hydrohammer - Monopiles	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Sakata</u>	Summit Wind Power	Vestas Wind Systems	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Setana</u>	Setana Town	Vestas Wind Systems	-	-	Penta Ocean Construction	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Choshi Offshore Demonstration Project</u>	Tokyo Electric Power Company New Energy and Industrial Technology Development Organisation (NEDO)	Mitsubishi Heavy Industries	Daiichi Kensetsu Kiko		Yorigami Maritime Construction	Kajima Corporation	-	-	-	EXSYM Corporation	ENKAI	-	-	-
<u>Kitakyushu Offshore</u>	New Energy and Industrial Technology Development Organisation (NEDO) J Power	Japón Steel Works (JSW)	Daiichi Kensetsu Kiko	-	Fukada Salvage & Marine Works	-	-	-	-	VISCAS Corporation	ENKAI	-	-	-
<u>Kyushu Univ.Wind Lens Project</u>	RIAMWIND Kyushu University	Kyushu University	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 18: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Japón. Fuente: elaboración propia

1.5.12 NORUEGA

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Hywind Demonstration</u>	Haugaland Kraft	Siemens Wind Power	Aker Solutions	Technip	Technip	Technip	-	-	-	-	-	Nexans 24 kV PEX	Nexans	-

Tabla 19: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Noruega. Fuente: elaboración propia

1.5.13 PORTUGAL

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>WindFloat Demonstration</u>	Energias de Portugal	Vestas Wind Systems	Bourbon	Principle Power Marine Innovation & Technology	Bourbon	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 20: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Portugal. Fuente: elaboración propia

1.5.14 REINO UNIDO

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Barrow</u>	DONG Energy	Vestas Wind Systems	MPI Offshore	KBR	MPI Offshore	-	Mott MacDonald - Topside KBR - Monopile	Bonn & Mees Drijvende Bokken	AREVA T&D - Now Alstom Grid	Nexans 132 kV XLPE	MPI Offshore	Prysmian 33 kV XLPE	MPI Offshore Global Marine Systems Red7Marine	Excel Marine Services Ltd, North Sea Logistics, Fastnet Shipping Ltd, Briggs Marine & Environmental Services, DBB Jack-Up Services A/S, Bay Towage, Ctruk, Windcrew Workboats, MPI Offshore, Niels Wither Shipping, Enviroserve
<u>Beatrice Demonstration</u>	SSE Renewables	REpower Systems	Scaldis Salvage & Marine Contractors	-	Scaldis Salvage & Marine Contractors	--	-	-	-	JDR Cables 33 kV	Global Marine Systems	JDR Cables 33 kV	Global Marine Systems	Windcat Workboats, Delta Marine.
<u>Blyth</u>	E.ON	Vestas Wind Systems	Fugro Seacore	LICengineering	Fugro Seacore	-	-	-	-	Prysmian 11 kV XLPE	Global Marine Systems	Prysmian 11 kV XLPE	Global Marine Systems	Delta Marine, Windcrew Workboats
<u>Burbo Bank 1</u>	DONG Energy	Siemens Wind Power	Van Oord	Rambøll - Monopiles and transition pieces	Van Oord - Monopiles and transition pieces Peter Madsen Rederi - J-tubes	MT Højgaard	-	-	-	ABB 36 kV	-	ABB 36 kV	-	Windcat Workboats, Windwave Workboats, Turbine Transfers, A2sea, Delta Marine, Briggs Environmental Services, Mpi offshore, SMIT, Swire Blue Ocean

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Greater Gabbard</u>	SSE Renewables	Siemens Wind Power	A2SEA, Seajacks	Rambøll	Seaway Heavy Lifting - Monopiles Jumbo - Transition pieces Red7Marine - J-tubes	-	Atkins - Topside McNulty Offshore - Topside Rambøll - Jackets	Seaway Heavy Lifting - 2 x topsides and 2 x jackets	Siemens Transmission and Distribution	Prysmian 132 kV	Subocean - Now Technip	JDR Cables 36 kV XLPE	Subocean - Now Technip Offshore Marine Management (OMM) Technocean Red7Marine	Windcat Workboats Ltd, Turbine Transfers, Windcrew Workboats, Enviroserve, Fastnet Shipping Limited, Dalby Offshore Renewables, Tidal Transit, Icen Marine Services, Mainprize Offshore, Seacat Services, Excel Marine Services, Offshore Wind Services, P&O Maritime, Njord Offshore, Turbine Transfers, Gardline Environmental Services (GEL), Enviroserve, Dalby Offshore Renewables, Seajacks International, BOURBON, Vroon B.V, NFFO Services Limited, Delta Marine, Island Shipping, A2SEA (DONG Energy)

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Gunfleet Sands I + II</u>	DONG Energy	Siemens Wind Power	A2SEA - Installed 19/48 turbines KS Energy Services - Installed 29/48 turbines	Rambøll	Fugro Seacore - Installed 20/48 monopiles and transition pieces Ballast Nedam - Installed 28/48 monopiles and transition pieces Red7Marine - J-tubes	MT Højgaard	-	Scaldis Salvage & Marine Contractors - Topside Ballast Nedam - Monopile and transition piece	AREVA T&D - Now Alstom Grid, ABB	Prysmian 132 kV	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC)	Prysmian 33 kV	CT Offshore - Installed 31 km array cabling Oceanteam - Installed 5 km array cabling	Iceni Marine Services, Excel Marine Services, East Coast Charters, MPI Workboats, Offshore Windpower Marine Services, Windwave Workboats, MARINEKO UK, Workshops Contractor, MPI Offshore, A2SEA (DONG Energy), Seajacks International, DBB Jack-Up Services, Danish Salvage & Towing Company DBB, Seajacks International, Briggs Marine & Environmental Services, Iceni Marine Services, GPS Marine, KING MARINE LIMITED
<u>Gunfleet Sands 3 Demonstration</u>	DONG Energy	Siemens Wind Power	Ballast Nedam	-	-	-	-	-	-	JDR Cables 33 kV	-	JDR Cables 33 kV	-	Windcat Workboats, Fred Olsen Renewables, Cwind, Enviroserve

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Gwynn y Môr</u>	RWE npower renewables	Siemens Wind Power	Bladt Industries	Rambøll	RWE Offshore Logistics	-	Offshore Design Engineering (ODE)	Seaway Heavy Lifting	Siemens Transmission and Distribution	NKT Cables 132 kV	Global Marine Systems	Draka 36 kV XLPE	-	Turbine Transfers, Windcrew Workboats, P & O Maritime, Gardline Environmental Services (GEL), Cwind, Montrose Marine Services, North Sea Logistics, Excel Marine Services, Carling Boat Charters, Rix Sea Shuttle, Icen Marine Services, A2SEA (Dong Energy), Northern Offshore Services, Maritime Crafts Services, Tidal Transit, Solstad Offshore, Boskalis Suecia
<u>Kentish Flats</u> 1	Vattenfall	Vestas Wind Systems	A2SEA	Rambøll	MPI Offshore - Monopiles and transition pieces Peter Madsen Rederi - J-tubes	MT Højgaard	-	-	-	AEI Cables 33 kV PEX	Global Marine Systems	AEI Cables 33 kV PEX	Global Marine Systems	North Sea Logistics, Excel Marine Services, Offshore Wind Power Marine Service, Batt at Sea, Mainprize Offshore, Excel Marine Services, Offshore Marine Services

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Lincs</u>	Centrica Energy	Siemens Wind Power	MPI Offshore	Rambøll - Monopiles and transition pieces ISC Consulting Engineering - Monopiles and transition pieces	MPI Offshore	-	Atkins - Topside and jacket foundation McNulty Offshore - Topside and jacket foundation	Scaldis Salvage & Marine Contractors - Topside and jacket foundation Fugro Seacore - Piling	Siemens Transmission and Distribution	Nexans 145 kV	Technip - Installation CT Offshore - Laying and burial at exposed points Christoffers Onshore and Subsea - Burial	Nexans 36 kV	Technip	CT Offshore, Swire Blue Ocean, Cwind, Windcat Workboats, Windpower Support, Turbine Transfers, Fastnet Shipping Limited, Islan Shipping, Odfjell Wind, Technica Marine Support, MTS Group, A2SEA (DONG Energy), Dalby Offshore Renewables, Blue Water Shipping

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>London Array</u> 1.2	DONG Energy	Siemens Wind Power	MPI Offshore A2SEA	COWI - Monopiles and transition pieces IMS Ingenieurgesellschaft - Monopiles and transition pieces	MPI Offshore - Monopiles and transition pieces A2SEA - Monopiles and transition pieces Ballast Nedam - Monopiles	Aarsleff/Bilfinger Berger (ABJV)	Rambøll - Foundation	Scaldis Salvage & Marine Contractors - 2 x topsides A2SEA - 2 x foundations Bonn & Mees Drijvende Bokken - 2 x transition pieces	Siemens Transmission and Distribution	Nexans 150 kV	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC)	JDR Cables 33 kV	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC) Global Marine Systems	Windcat Workboats, TP Offshore, Turbine Transfers, Windcrew Workboats, MPI Workboats, Cwind, Maritime Craft Services, P & O Maritime, Fred Olsen Wind Carrier, Gardline Enviromental limited (GEL), Northern Offshore Services, Danish Offshore Transport, Dalby Offshore Renewables, Cwind, Offshore Turbine Services, Enviroserve, ASP Workboats, Offshore Turbine Services, Ocean Wind Marine, East Coast Charters, Excel Marine Services, Icen Marine services, Delta Marine, Hyperbaric Consult, Red7 Marine Limited,

ENTREGABLE II: “Informe de análisis sectorial relativo a la Eólica Offshore y Undimotriz”

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Lynn and Inner Dowsing</u>	Centrica Energy	Siemens Wind Power	MPI Offshore	Rambøll	MPI Offshore	MT Højgaard	-	-	-	Nexans 36 kV	Subocean	Nexans 36 kV	Subocean - Installed 43 of the 48 inter-array cables. Subocean is now Technip MPI Offshore - Installed the remaining 5 of the 48 inter-array cables	-
<u>North Hoyle</u>	RWE npower renewables	Vestas Wind Systems	MPI Offshore - Installed around 50% of the turbines Fugro Seacore - Installed around 50% of the turbines	LICEngineering	Fugro Seacore - Monopiles DBB Jack-Up Services - Transition pieces	-	-	-	-	AEI Cables 33 kV	CNS Subsea - Formerly Subocean. Now Technip	AEI Cables 33 kV	MPI Offshore	-
<u>Ormonde</u>	Vattenfall	REpower Systems	COWI	OWEC Tower - OWEC Quattropod® design	Scaldis Salvage & Marine Contractors - Jacket foundations GeoSea - Pre-pilling. Part of DEMA Group FoundOcean - Grouting	-	AREVA T&D - Topside. Now Alstom Grid OWEC Tower - Jacket foundation	Scaldis Salvage & Marine Contractors - Topside and jacket foundation GeoSea - Pre-pilling. Part of DEMA Group	AREVA T&D - Now Alstom Grid	Prysmian 132 kV	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC)	Prysmian 33 kV	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC)	-
<u>Rhyl Flats</u>	RWE npower renewables	Siemens Wind Power	SMIT	Rambøll	Ballast Nedam	MT Højgaard	-	-	-	Parker Scanrope 36 kV	Oceanteam CT Offshore	Parker Scanrope 36 kV	Subocean - Now Technip	-
<u>Robin Rigg</u>	E.ON	Vestas Wind Systems	A2SEA	Rambøll - Monopiles and transition pieces	MPI Offshore	MT Højgaard	AREVA T&D - Topside. Now Alstom Grid Rambøll - Monopile foundation	SMIT - 2 x topsides and foundations	AREVA T&D - Now Alstom Grid	Prysmian 132 kV	Subocean - 2 x 14 km export cables. Now Technip	Parker Scanrope 36 kV	Subocean - 57 cables layed / 47 cables buried. Now Technip CTC Marine - 7 cables layed / 17 cables buried. Now DeepOcean	-

ENTREGABLE II: “Informe de análisis sectorial relativo a la Eólica Offshore y Undimotriz”

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Scroby Sands</u>	E.ON	Vestas Wind Systems	A2SEA - 24 turbinas Fugro Seacore - 6 turbinas	LICengineering	Van Oord	-	-	-	-	Parker Scanrope 33 kV, AEI Cables 33 kV	CNS Subsea - Formerly Subocean, Now Technip Oceanteam - Installed a 5 km replacement export cable	AEI Cables 33 kV	CNS Subsea - Formerly Subocean, Now Technip	-
<u>Sheringham Shoal</u>	Scira Offshore Energy	Siemens Wind Power	A2SEA Gulf Marine Services (GMS)	-	Seaway Heavy Lifting - Installed 64 monopiles and 71 transition pieces Ballast Nedam - Installed 24 monopiles and 17 transition pieces	MT Højgaard	Wood Group Engineering - 2 x topsides Rambøll - 2 x foundations	Seaway Heavy Lifting - 2 x topside Ballast Nedam - 2 x monopiles and 2 x transition pieces	AREVA T&D - Now Alstom Grid	Nexans 145 kV	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC)	Nexans 36 kV	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC) - Pull-in of inter-array cables to the two offshore substations	-
<u>Teesside</u>	EDF Energy Renewables	Siemens Wind Power	Van Oord	-	A2SEA	Van Oord	-	-	-	Draka 33 kV	Van Oord	Draka 33 kV	Van Oord	-
<u>Thanet</u>	Vattenfall	Vestas Wind Systems	MPI Offshore	Rambøll	A2SEA	-	Atkins - Jacket foundation	Seaway Heavy Lifting	Siemens Transmission and Distribution	Prysmian 132 kV	Subocean - Started the installation. Now Technip CT Offshore - Completed the installation	Prysmian 33 kV	Subocean - Installed 15 array cables. Now Technip CT Offshore - Installed the remaining 85 array cables Red7Marine - Replaced two array cables	-
<u>Walney 1</u>	DONG Energy	Siemens Wind Power	Seajacks - Installed 46/51 turbinas A2SEA - Installed 5/51 turbinas	Rambøll	GeoSea - Part of DEME Group	-	-	Scaldis Salvage & Marine Contractors - Topside and foundation Volker Staal en Funderingen - Post-pilling	AREVA T&D - Now Alstom Grid ABB - Transformers and MV Switchgear	Prysmian 132 kV	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC) CTC Marine - Trenching for 10 km export cable. Now DeepOcean	NKT Cables 33 kV	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC)	-

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Walney 2</u>	DONG Energy	Siemens Wind Power	Seajacks	-	Ballast Nedam - Monopiles GeoSea - Transition pieces. Part of DEME Group	-	-	Scaldis Salvage & Marine Contractors - Topside and foundation Volker Staal en Funderingen - Post-pilling	AREVA T&D - MV switchgear. Now Alstom Grid ABB - Transformers and HV switchgear. Now Alstom Grid	Prysmian 132 kV	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC) - Laying and burial	Draka 33 kV	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC) - Laying and burial Offshore Marine Management (OMM) - Termination and testing of the array cables	-
<u>West of Duddon Sands</u>	DONG Energy	Siemens Wind Power	Siemens Wind Power, A2SEA	DONG Energy	Volker Construction International, Boskalis offshore and Smit Marine Projects JV A2SEA VolkerStevin Offshore (Volker Wessels)	-	ISC Consulting Engineering - Topside	Scaldis Salvage & Marine Contractors NV	-	NKT Cables	Visser & Smit Marine Contracting (VSMC)	Nexans	CT Offshore	-

Tabla 21: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Reino Unido. Fuente: elaboración propia

1.5.15 SUECIA

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Bockstige 1</u>	Nordisk Vindkraftservice	Wind World - Now Vestas Wind Systems	Fugro Seacore	-	Fugro Seacore	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Parque	Agente Explotador	Fabricante de las turbinas	Instalación de las turbinas	Diseño de la Subestructura	Instalación cimentaciones de la Subestructura	Contratista principal de la Subestructura	Diseño de la estructura de la Subestación	Instalación de las Subestación	Proveedor de los componentes eléctricos de las Subestaciones	Productor de los cables de exportación (Export)	Instalación de los cables de exportación	Productor de la matriz de cables (Array)	Instalación de la matriz de cables	Barcos de operación y mantenimiento y transporte de personal
<u>Lillgrund</u>	Vattenfall	Siemens Wind Power	A2SEA	COWI - Foundation NIRAS - Foundation IMS Ingenieurgesellschaft - Foundation	EIDE Contracting - 48 gravity based foundations Peter Madsen Rederi - Seabed preparation and dredging	Hochtief	ISC Consulting Engineering - Topside COWI - Foundation NIRAS - Foundation IMS Ingenieurgesellschaft - Foundation	DBB Jack-Up Services - Topside EIDE Contracting - Foundation	Siemens Transmission and Distribution	ABB 145 kV XLPE	Seløy Undervannsservice Boskalis - Burial	ABB 36 kV XLPE	Baltic Offshore - Installation Boskalis - Burial	-
<u>Utgrunden 1</u>	Vattenfall	Enron Wind - Now GE Energy	DBB Jack-Up Services	-	Hydro Soil Services - Now DEME	-	-	-	-	ABB 24 kV	JD-Contractor (Jydsk Dyk)	ABB 24 kV	JD-Contractor (Jydsk Dyk)	-
<u>Vindpark Vanern</u>	Vindpark Vanern	WinWinD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Yttre Stengrund</u>	Vattenfall	NEG Micon - Now Vestas Wind Systems	Muhibbah Engineering	COWI	Fugro Seacore	-	-	-	-	ABB 24 kV	OM O2	ABB 24 kV	OM O2	-
<u>Kårehamn</u>	E.ON	Vestas Wind Systems	MPI Offshore	COWI Jan de Nul Group	-	-	-	-	-	Prysmian	-	Prysmian	-	-

Tabla 22: Proveedores tecnológicos participantes en la construcción y explotación de parques operativos y en construcción en Suecia. Fuente: elaboración propia

1.6 PROVEEDORES TECNOLÓGICOS NACIONALES

De forma resumida se tratará en este apartado de exponer qué empresas son las que actualmente lideran el desarrollo del sector eólico offshore en España:

- Compañías energéticas:
 - **Iberdrola Renovables:** empresa líder a nivel mundial en la producción de energía eólica. Para su entrada en las licitaciones del Crown State¹¹ en el Reino Unido adquirió la empresa Scottish Power.

Dentro de sus planes de desarrollo en el Reino Unido, está la puesta en marcha de 30 parques offshore (algunos ya operativos y otros en fase de proyecto o construcción). Destaca principalmente el parque marino de East Anglia Array que junto con la empresa sueca Vattenfall ha sido adjudicado recientemente por el Crown Estate. El parque contará con una potencia total de 7.200 MW y se estima una inversión de 20.000 millones de euros. Dada la magnitud del proyecto, la construcción del parque se efectuará en seis fases entre 2015 y 2021, y se iniciará con la instalación de 1.200 MW.

IBERDROLA adquirió en marzo de 2010 la joint venture formada por DEE Deutsche Erneuerbare Energien GmbH (Deutsche Bank Group) y Ventotec GmbH (GHF-Group) y el 100% de los derechos para construir el parque eólico marino "Wikinger" en la región alemana de Sassnitz-Mukran en el mar Báltico. En ese momento, el proyecto ya tenía los permisos del Gobierno alemán para la instalación de aerogeneradores flotantes.

Hasta el momento es el mayor logro de la compañía en el sector eólico marino, va a invertir 1.600 millones de euros en este proyecto, que contará con una capacidad de 400 megavatios (MW) gracias a la instalación de aerogeneradores de alrededor de 5 MW de potencia unitaria. Este parque, que ahora encara la fase de desarrollo, se convertirá en el más grande del mundo instalado en aguas profundas -a más de 40 metros-.

- **Acciona Energía:** aunque actualmente no participa en ningún proyecto de construcción de parques eólicos marinos, ya ha dado los primeros pasos para su incursión en el sector. Acciona destaca en los últimos años por su apuesta en el desarrollo de la energía eólica marina y aunque ha quedado fuera de las adjudicaciones del Crown Estate, sigue posicionándose para situarse como empresa de referencia. Hay que destacar que dentro del Grupo Acciona, se incluyen Acciona WindPower (uno de los principales fabricantes de turbinas a nivel mundial).

Dentro de la empresa se ha apostado también por el desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas a la implantación de parque eólicos offshore en aguas profundas. Uno de los proyectos más relevantes en los que participa es EOLIA, enmarcado en las iniciativas

¹¹ El Crown Estate, la agencia que administra el dominio público en el Reino Unido

CENIT del Ministerio de Ciencia e Innovación. EOLIA es un consorcio de 16 empresas, liderado por ACCIONA Energía y cuenta con un presupuesto de 33,9 millones de euros. En él trabajan 25 centros de investigación y siete empresas (entre ellas, Ingteam y Construcciones Navales del Norte).

- Fabricantes de turbinas:

- **GAMESA:** en marzo de 2015 el fabricante español de aerogeneradores firmó un acuerdo formal con el grupo francés de energía nuclear Areva para la creación de “Adwen”, una joint venture participada al 50% por ambos grupos para el desarrollo del negocio eólico offshore en Europa. La nueva compañía tendrá su sede social en Vizcaya, contará con cerca de 700 empleados y se dedicará a desarrollar diversas actividades de diseño, fabricación, instalación, puesta en marcha y operación y mantenimiento de turbinas offshore.

Gamesa presentó en el evento “EWEA Offshore 2013” su aerogenerador G128-5.0 MW Offshore, cuya base es la tecnología probada y validada en los últimos años en los aerogeneradores Gamesa 5.0 MW. Este nuevo producto, abrió para Gamesa la oportunidad de poder suministrar a Iberdrola varias unidades para ser incorporadas al parque de Vikinger, a pesar de que Areva Wind es el suministrador preferente de aerogeneradores.

Por último, comentar que Gamesa está trabajando en varios proyectos de I+D relacionados con la eólica marina: Azimut, Floatgen e Innwind.

- Otros agentes participantes en la cadena de valor:

Aunque en otras regiones de España también existen proveedores tecnológicos, el País Vasco representa una de las mayores concentraciones de empresas del Estado con capacidad y experiencia para poder embarcarse en la carrera hacia la competitividad en el sector eólico offshore. Asimismo, cuenta con estructuras relevantes como el BIMEP, Plataforma en mar abierto de ensayo de prototipos de captadores de energías marinas para el desarrollo de este sector considerado para esta región como estratégico.

Hoy día, las empresas vascas cubren de forma integral la cadena de valor eólica y destacan los siguientes proveedores tecnológicos: el Ente Vasco de la Energía (EVE), el Grupo BEOG (Basque Eolic Offshore Group) de promoción internacional, la Asociación Clúster de Energía, que representa a las principales empresas de la cadena de valor del sector energía con presencia en el País Vasco, el Foro Marítimo Vasco, organización creada para la promoción y mejora de la competitividad de las empresas del sector marítimo vasco y Tecnalia, Corporación tecnológica multidisciplinar de desarrollo e investigación y las siguientes empresas, las cuales operan tanto en el ámbito nacional como internacional:



Figura 10: Cadena de valor de la eólica offshore en el País Vasco. Fuente: Offshore Wind Energy Basque Country

1.6.1 PROVEEDORES TECNOLÓGICOS CON SEDE EN GALICIA

En Galicia las empresas con interés en participar en este sector se agruparon en enero del 2013 en el grupo *Galician Offshore Energy Group* creado por ASIME, formado por 36 empresas entre las que se encuentran: Industrias Ferri, Industrial Recense, Ghenova Ingeniería, Metalships & Docks, Cardama, Nodosa, Servimar, Neuwalme, Vicalsa, Instra, Aceuve, Tesol, Progener, Dinain, Tune Eureka, Ganomagoga, Gestamp Renewable Industries, CT Ingenieros de Galicia, entre otras.

Sin embargo pocas organizaciones participan de manera fehaciente en el campo de la eólica marina. La lista de proveedores tecnológicos con base en Galicia se puede resumir en:

Navantia (Astillero, Fene), **Barreras** (Astillero, Vigo), **Metalships** (Astillero, Vigo), **Gas Natural Fenosa** (generación y distribución eléctrica), **Neodyn** (auxiliar naval, Ferrol), **Universidad de la Coruña**, **AIMEN** (Centro Tecnológico, O Porriño), **Imatia** (TIC, Vigo y A Coruña), **Puerto de Vigo**, **ElectroRayma** (Eléctrica y electrónica, Narón), **Intaf** (metalúrgica, Narón), **Ártabro Samdeu** (Ingeniería, Narón), **Kaleido** (logística, Vigo), **Industrias Ferri** (Auxiliar naval, Gondomar), **Vicusdt** (Ingeniería, Vigo), **Ghenova** (Ingeniería, Ferrol).

A tenor de las siguientes noticias publicadas:

- **NAVANTIA** está fabricando jackets para IBERDROLA dentro del proyecto VIKINGER

“Iberdrola ha adjudicado al astillero de Navantia Fene la construcción de 29 jackets para el parque eólico marino de Wikinger. En el encargo, valorado en unos 175 millones, se incluye también la estructura de la subestación por la que se evacuará la energía que produzca aquel

complejo y que, según se adelantó ya en el pasado mes de junio, se fabricará en Puerto Real” ([El Ideal Gallego, 04 Octubre 2014](#)).

- **NAVANTIA FENE** desarrollará un proyecto de I+D de eólica marina

“El proyecto en el que participará Navantia Fene ha sido bautizado como Fewind y está encaminado al diseño de una máquina para soldar en automático los nudos de una plataforma -denominada jacket- para el sector eólico marino, un mercado en el que los astilleros públicos tienen puestas muchas expectativas por el potencial de crecimiento que se le presupone para los próximos años.

Además de Navantia, participan a las empresas **ElectroRayma**, **Intaf** y **Ártabro Samdeu**, el centro tecnológico **Aimen** y la **Universidade da Coruña**. La subvención otorgada por el plan es de 1,3 millones de euros, el 20% de los cuales los aporta la Xunta.” ([La Voz de Ferrol, 31 de julio de 2013](#))

- **La UDC** echa andar el programa A-Tempo, dotado con 3,2 millones

“La Universidad de la Coruña comienza a ejecutar el programa A-Tempo con las tres empresas adjudicatarias y gracias al que se desarrollarán tres proyectos para sistemas «off shore».

Iberdrola Renovables Energía es una de las elegidas, junto con Ixion Industry & Aerospace S. L. y la UTE de Sistemas Audiovisuales Itelsis S.L., Scio Soft S. L. y **Neodyn S.L.** (firma esta última propiedad del empresario ferrolano José Ramón Franco, perteneciente a la industria naval auxiliar).”([El Correo Gallego, 18.12.2014](#))

- **BARRERAS** participa en el proyecto de un buque offshore innovador

“Barreras participa con un consorcio de empresas del sector naval gallego en un proyecto de buque offshore que puede cambiar el estado del arte en la instalación de aerogeneradores en alta mar. El concepto, conocido como SWIRL, responde a la Convocatoria del Proyecto A-TEMPO (Avances en Tecnologías Marinas, Producción Naval y Offshore), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y la Universidad de A Coruña.” ([Faro de Vigo, 20 Octubre 2014](#)).

- **BARRERAS** participa en el desarrollo de un buque ‘revolucionario’ en eólica marina

“Un consorcio de empresas del sector naval gallego, conformado por el astillero Hijos de J. Barreras; la compañía de logística **Kaleido**; el fabricante de grúas **Industrias Ferri**; la especialista en hidrodinámica **Vicusdt** y la empresa de ingeniería multidisciplinar **Ghenova**, participa en un proyecto "revolucionario" para la instalación de aerogeneradores en buques offshore en alta mar.

La iniciativa se enmarca en el proyecto "Atempo" financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y la Universidad de A Coruña, que tiene como fin promover "soluciones innovadoras" para la instalación y mantenimiento de aerogeneradores offshore.” ([Faro de Vigo, 21/10/2014](#))

- **GAS NATURAL FENOSA** promueve el proyecto de energía eólica marina "Zefir test station"

"GAS NATURAL FENOSA ha firmado un acuerdo con el Institut de Recerca en Energia de Catalunya (IREC) para el desarrollo y la instalación de la planta internacional de I+D de ensayos de energía eólica marina ZEFIR Test Station". ([Nota de prensa 06-09-2010](#))

- **METALSHIPS** entrega el mayor buque 'offshore' del mundo a Noruega

"El astillero vigués Metalships ha entregado este viernes el mayor buque del mundo para operaciones 'offshore', el cual ha sido construido para la armadora noruega North Sea Shipping con un valor de 137 millones de euros.

Con capacidad para un total de 120 personas, cuenta, entre otros elementos destacables, con un helipuerto en proa. Además, este barco multipropósito tiene un puente de mando de 300 metros cuadrados, ubicado en la sexta cubierta; y está equipado con una cocina industrial, un restaurante, salas de estar, gimnasio, lavandería, cine y sauna, entre otros servicios." ([El Mundo, 13/03/2011](#))

- La gallega **KALEIDO** contribuye a reducir los costes logísticos de la eólica marina

"La compañía viguesa Kaleido, Ideas & Logistics es una de las cuatro empresas españolas que participan en el proyecto Leanwind, que busca resolver las ineficiencias en logística y el transporte asociadas a las instalaciones eólicas en el mar, reduciendo sus costes. La iniciativa, en la que colaboran 31 socios de 11 países, recibirá una financiación de 10 millones de euros de la Comisión Europea (CE) para una inversión total de 15 millones." ([Faro de Vigo, 27.05.2014](#))

- **IMATIA**: once empresas españolas se unen en el Proyecto Azimut para desarrollar un aerogenerador marino de 15 MW con tecnología 100% española

"Once empresas y 22 centros de investigación, especializados en tecnologías para la energía eólica marina (offshore), trabajan juntos en el proyecto Azimut. Energía Eólica Offshore 2020, con el objetivo de generar el conocimiento necesario para desarrollar un aerogenerador marino de gran tamaño, con tecnología 100% española.

En el proyecto, coordinado por Gamesa, participan además, de manera destacada, Alstom Wind, Acciona Windpower, Iberdrola Renovables y Acciona Energía; así como Técnicas Reunidas, Ingeteam, Ingeciber, Imatia, Tecnitest Ingenieros y DIgSILENT Ibérica". ([Noticias Cluster TIC Galicia, 24-11-2010](#))

- Embarque eólico en Vigo

"El BBC Anglia completó ayer en Areal el segundo de los trece embarques de torres eólicas marinas que se realizarán en estos muelles en los próximos meses. Con destino al Mar del Norte, es la primera vez que el **Puerto de Vigo** recibe un cargamento de aerogeneradores

"offshore", y también el primero desde que el de Marín le arrebató esta mercancía.”([Faro de Vigo, 10.06.2014](#))

2. INSTALACIONES UNDIMOTRICES A NIVEL MUNDIAL

2.1 INTRODUCCIÓN

Aprovechar la energía del mar no es algo nuevo, 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.

Hasta ahora, todos los esfuerzos se han realizado de forma descoordinada, aunque han servido para desarrollar diferentes tecnologías -existen alrededor de 1000 patentes de convertidores-, muchas de ellas descartadas en fase de diseño. Sólo unos pocos dispositivos han sido probados a escala real en el mar y sólo uno de los desarrollos, el OWC (de las singlas en inglés Oscillating Water Column)) puede considerarse cerca de su explotación comercial¹².

Portugal es uno de los países que quiere tomar la delantera, en 2008 se inauguró frente a la localidad norteña de Póvoa de Varzim, un parque undimotriz, denominado Okeanós, que ya vierte 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 cualquier caso, se considera a Noruega y Escocia pioneras en la conversión de este tipo de energía. 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". Asimismo, países como Estados Unidos, Australia, India, China, Suecia o Japón también están probando distintos sistemas.

España quiere subirse a la ola de la tecnología undimotriz. Para ello, diversos prototipos han comenzado ya a probarse en distintas zonas del país y se han puesto en marcha diversas infraestructuras de experimentación, con el objetivo de que en unos años la fuerza del oleaje sea una energía renovable más.

Los siguientes apartados darán una visión general de qué países están detrás de los desarrollos undimotrices, qué tecnología es la más abarcada por los diseñadores y los proveedores tecnológicos tanto a nivel mundial, como a nivel nacional y gallego, en particular.

¹² Instituto Tecnológico y de Energías Renovables, Estudio del estado del arte en cuanto a sistemas de generación undimotriz existentes, Proyecto Waveenergy

2.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS Y UBICACIÓN DE LOS DESARROLLOS UNDIMOTRICES

Tomando como base la lista de convertidores undimotrices más reciente proporcionada por The European Marine Energy Centre (EMEC) de Reino Unido, se han identificado **178 dispositivos a nivel mundial** (tabla 23). Algunos proyectos están maduros y operativos, otros están en fase experimental y otros en fase de investigación previa. Cabe decir que resulta difícil establecer la madurez de cada uno de estos proyectos debido al alto grado de confidencialidad de sus desarrolladores.

Como se ha apuntado en el Estado del Arte correspondiente a las tecnologías de conversión Undimotriz (Actividad I), éstas se pueden clasificar en diferentes categorías en función de la profundidad de las aguas en las que se ubiquen, el principio de funcionamiento o el sistema de conversión de energía (PTO) que empleen. Para conocer cuál es la tecnología seleccionada más ampliamente por los diferentes desarrolladores de convertidores, se ha empleado la clasificación según los principios de funcionamiento y orientación: columna de agua oscilante, rebosamiento, atenuador, etc.

Como se puede observar en la siguiente gráfica, existe una tendencia entre los diseñadores hacia las configuraciones del dispositivo como **absorbedor puntual** aprovechando el movimiento vertical (un 33% de los dispositivos identificados). Por su parte, los atenuadores ocupan un segundo puesto con un 17%.

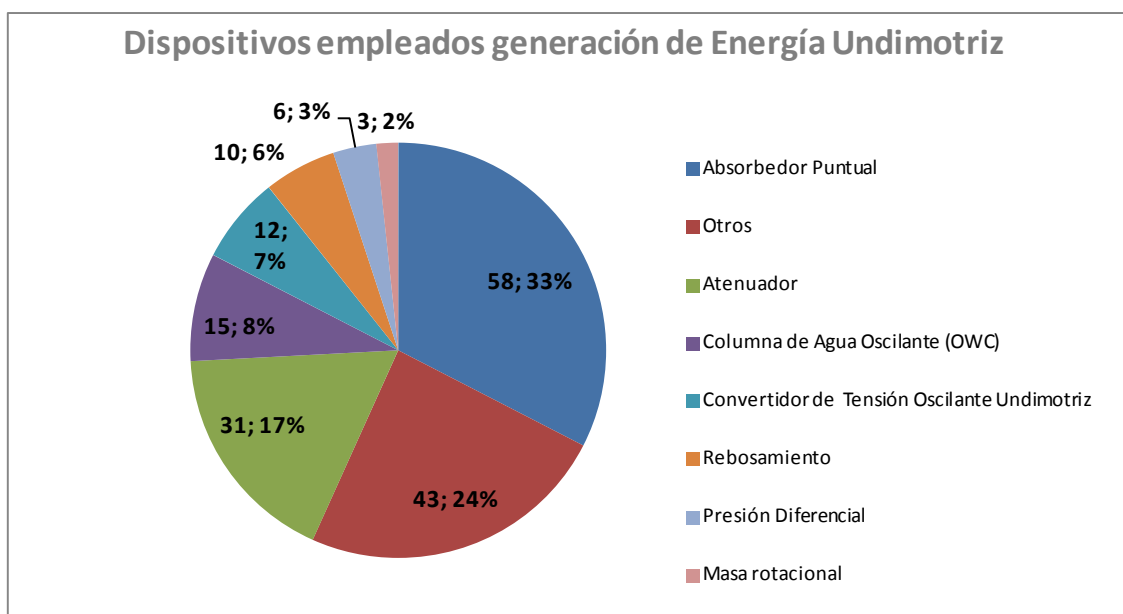


Figura 11: Dispositivos empleados en la la generación de energía undimotriz (178) a nivel mundial

Los principales países que están desarrollando la energía de las olas son según el análisis efectuado sobre los 178 dispositivos, **Estados Unidos, Reino Unido, Noruega, Dinamarca, España, Irlanda y Australia.**

A continuación se pretende mostrar a través de mapas, la distribución de los diferentes dispositivos identificados por regiones. Como se puede observar, Estados Unidos concentra el mayor número de desarrollos a nivel país, mientras que desde la perspectiva de bloque, es Europa la región líder a nivel mundial.

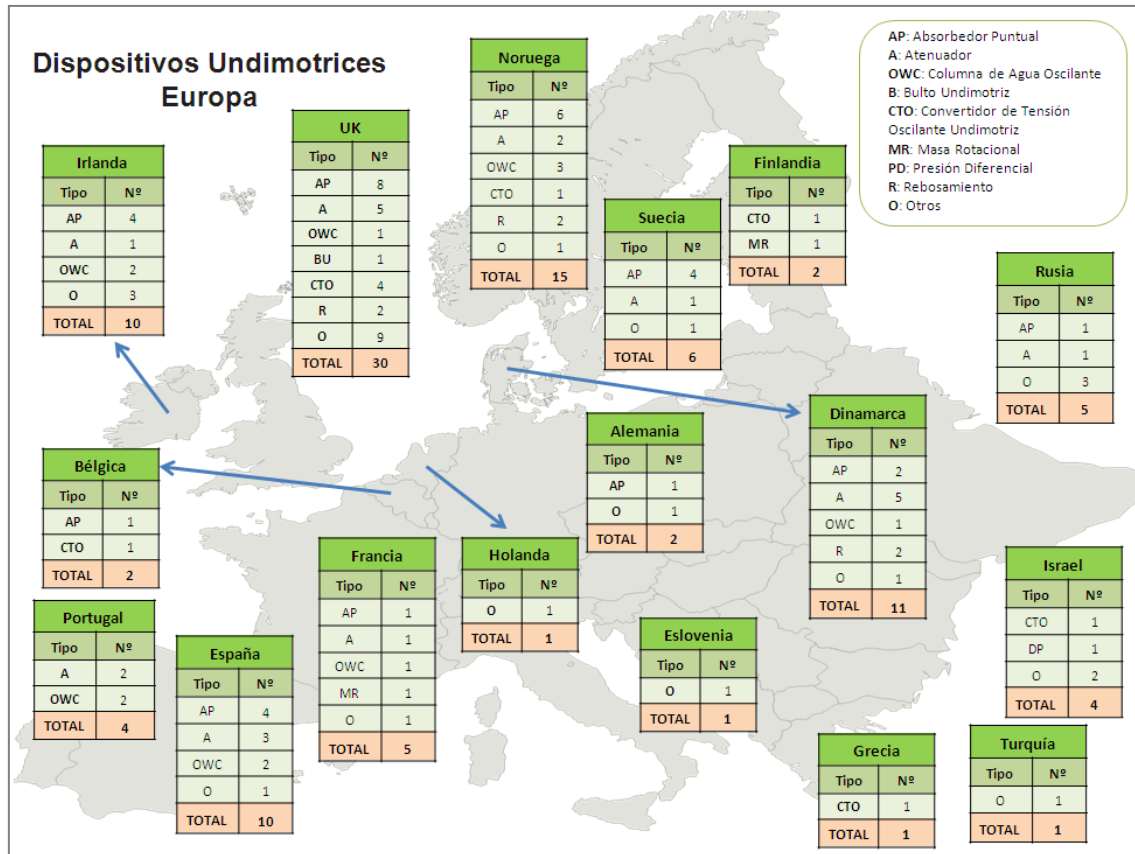


Figura 12: Mapa resumen de los desarrollos de dispositivos undimotrices en Europa. Fuente: elaboración propia

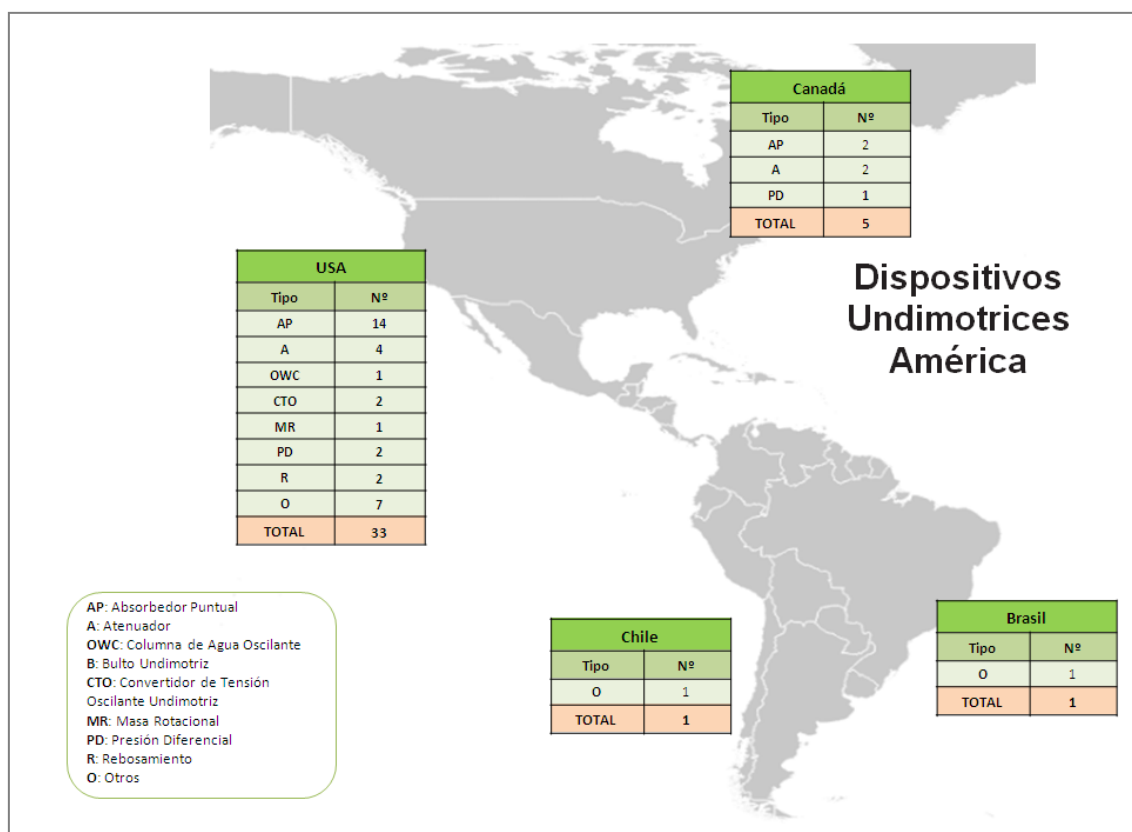


Figura 13: Mapa resumen de los desarrollos de dispositivos undimotrices en América. Fuente: elaboración propia

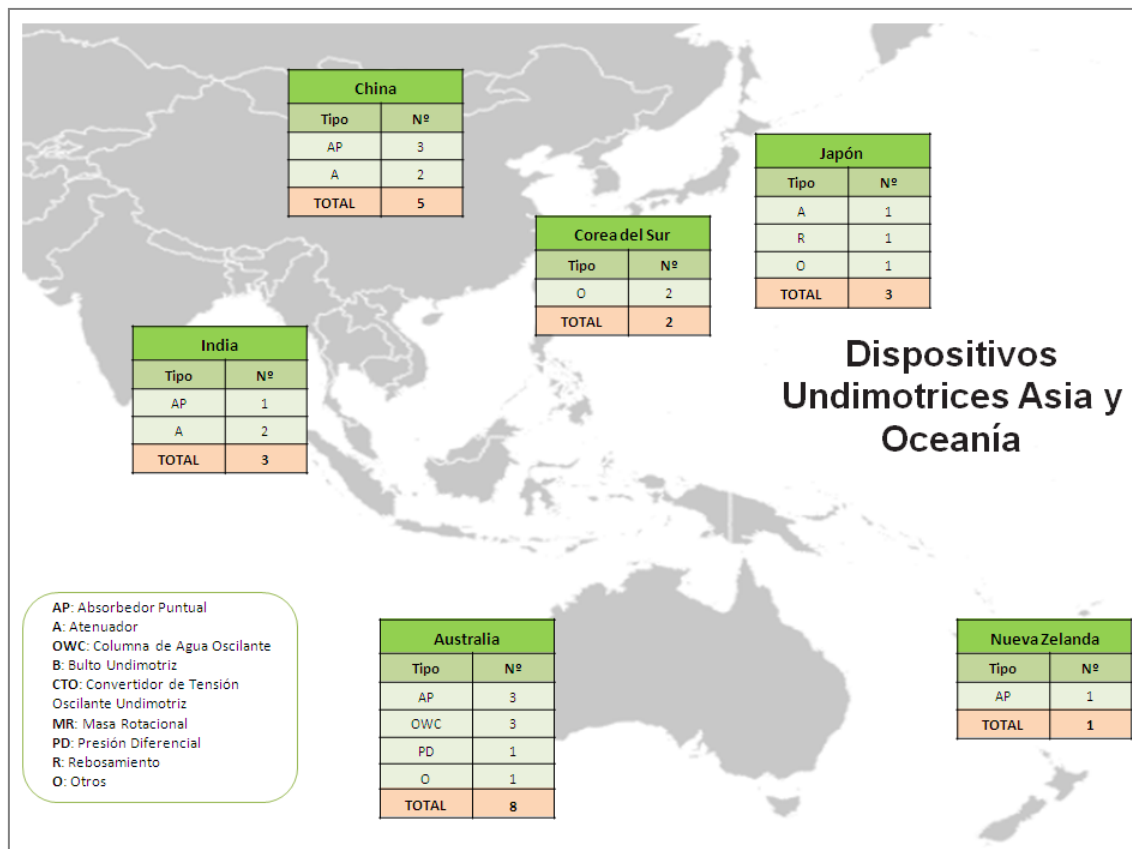


Figura 14: Mapa resumen de los desarrollos undimotrices en Asia y Oceanía. Fuente: elaboración propia

2.3 PROVEEDORES TECNOLÓGICOS A NIVEL MUNDIAL

Los 178 dispositivos identificados se presentan a continuación a través de los **160 desarrolladores** asociados, los cuales se muestran ordenados alfabéticamente en la siguiente tabla:

Compañía	País	Nombre convertidor	Tecnología
40South Energy	UK	R115	Otros
Able Technologies L.L.C.	USA	Electric Generating Wave Pipe	Absorbedor Puntual
Acubens	España	REWAB	Otros
Aimmer UK	UK	Aimmer	Otros
Aker Solutions ASA	Irlanda	Aker WEC	Otros
AlbaTERN	UK	WaveNET (Squid)	Atenuador
Applied Technologies Company Ltd	Rusia	Float Wave Electric Power Station (FWEPS)	Absorbedor Puntual
Aquagen Technologies	Australia	Rig Drive	Absorbedor Puntual
Aqua-Magnetics Inc	USA	Electric Buoy	Absorbedor Puntual
Aquamarine Power	UK	Oyster 800	Convertidor de Tensión Oscilante Undimotriz
Atargis Energy Corporation	USA	Cycloidal Wave Energy Converter (CycWEC)	Otros
Avium AS	Turquía	Yeti Cluster System	Otros
AW Energy	Finlandia	WaveRoller	Convertidor de Tensión Oscilante Undimotriz
AWS Ocean Energy	UK	AWS III	Rebosamiento
Mr Raj Balkee	Mauricio	TWPEG	Absorbedor Puntual
BioPower Systems Pty Ltd	Australia	bioWave	Convertidor de Tensión Oscilante Undimotriz / Rebosamiento
Blue Power Energy Ltd	Irlanda	Wave Energy Buoy	Absorbedor Puntual
BOLT (Fred Olsen)	UK/Noruega	Lifesaver	Otros
Bombora Wave Power	Australia	Bombora	Presión Diferencial
Brandl Motor	Alemania	Brandl Generator	Absorbedor Puntual
Carnegie Wave Energy Limited	Australia	CETO	Absorbedor Puntual
Ceflot. S.L.	España	CEFLOT	Presión diferencial
Checkmate Seaenergy UK Ltd.	UK	Anaconda	Bulto Undimotriz
College of the North Atlantic	Canadá	SARAH Pump	Presión Diferencial
Columbia Power Technologies	USA	StingRAY	Atenuador/Absorbedor Puntual
Coppe/UFRJ and Tractebel Energia	Brasil	Clean Energy from Waves	Otros
CorPower Ocean AB	Suecia	CPO2	Absorbedor Puntual

Compañía	País	Nombre convertidor	Tecnología
Daedalus Informatics Ltd	Grecia	Wave Energy Conversion Activator	Convertidor de Tensión Oscilante Undimotriz
Delbuoy	USA	Delbuoy Wave Powered Desalination	Absorbedor Puntual
DEXAWAVE A/S	Dinamarca	DEXAWAVE converter	Atenuador
Eco Wave Power	Israel	Power Wing	Otros
		Wave Clapper	Otros
Ecole Centrale de Nantes	Francia	SEAREV	Columna de Agua Oscilante (OWC)
Ecomerit Technologies	USA	Centipod	Atenuador
Ecotricity	UK	Searaser	Absorbedor Puntual
ELGEN Wave	USA	Horizon Platform	Absorbedor Puntual
Embley Energy	UK	Sperboy	Absorbedor Puntual /Columna de Agua Oscilante (OWC)
ETYMOL	Chile	Etymol WEC - Alfa Series	Otros
Euro Wave Energy	Noruega	Wave Energy System	Absorbedor Puntual
FlanSea	Bélgica	Wave Pioneer	Absorbedor Puntual
Float Inc.	USA	Rho-Cee	Absorbedor Puntual
Floating Power Plant A/S	Dinamarca	Poseidon – Wave wind hybrid	Atenuador
Fobox AS	Noruega	FO3	Columna de Agua Oscilante (OWC)
Fred Olsen & Co.	Noruega	SEEWEC	Absorbedor Puntual
		The B1 Buoy	Atenuador
GEEdwardCook	USA	Syphon Wave Generator	Atenuador
		Floating Wave Generator	Presión Diferencial
Grays Harbor Ocean Energy Company	USA	Titan Platform	Columna de Agua Oscilante (OWC)
Greencat Renewables	UK	Wave Turbine	Atenuador
Greenheat Systems Ltd	UK	Gentec WaTS	Otros
Grey Island Energy Inc	Canadá	SeaWeed	Atenuador
Group Captain SM Ghouse	India	Free Floating Wave Energy Convertor (FFWEC)	Atenuador
Gyrodynamics Co Ltd	Japón	ISWEC	Atenuador
GyroWaveGen	USA	GyroWaveGen	Otros
Hann-Ocean	China	Drakoo	Absorbedor Puntual
Havkraft	Noruega	Evolver (Havkraft Wave Energy Converter – H-WEC)	Columna de Agua Oscilante (OWC)
Asturflot SA	España	Hidroflot	Absorbedor Puntual
Hydrocap Energy SAS	Francia	Seacap	Absorbedor Puntual
IHC Tidal Energy	Holanda	Wave Rotor	Otros
Independent Natural Resources	USA	SEADOG	Absorbedor Puntual

Compañía	País	Nombre convertidor	Tecnología
Indian Wave Energy Device	India	IWAVE	Absorbedor Puntual
Inerjy	USA	WaveTORK	Rebosamiento
Intentium AS	Noruega	Intentium Offshore Wave Energy Converter	Otros
JAMSTEC	Japón	Mighty Whale	Rebosamiento
Jospa Ltd	Irlanda	Irish Tube Compressor	Otros
Joules Energy Efficiency Services Ltd	Irlanda	Wave Train	Columna de Agua Oscilante (OWC)
	Irlanda	TETRON	Absorbedor Puntual
Kinetic Wave Power	USA	PowerGin	Rebosamiento
KN Ocean Energy Science & Development	Dinamarca	KNSWING	Atenuador
Kneider Innovations	Francia	Wave Energy Propulsion	Atenuador
Korean Institute of Ocean Science and Technology (KIOST)	Corea	Wave Energy System	Otros
Laminaria	Bélgica	Laminaria	Convertidor de Tensión Oscilante Undimotriz
Lancaster University	UK	PS Frog	Absorbedor Puntual
Langlee Wave Power	Noruega	Langlee System	Convertidor de Tensión Oscilante Undimotriz
Leancon Wave Energy	Dinamarca	Multi Absorbing Wave Energy Converter (MAWEC)	Columna de Agua Oscilante (OWC)
Limerick Wave Ltd	UK	LWPTO	Otros
M3 Wave LLC	USA	DMP Device	Presión Diferencial
M4 Wave Power	UK	M4	Atenuador
Marine Energy Corporation	USA	Wave Catcher	Absorbedor Puntual /Otros
Marine Hydroelectric Company	USA	MHEG	Absorbedor Puntual
Marine Power Systems	UK	WaveSub	Absorbedor Puntual
Martifer Energia	Portugal	FLOW	Atenuador
Motor Wave	China	Motor Wave	Absorbedor Puntual
Muroran Institute of Technology	Japón	Pendulor	Otros
Navatek Ltd	USA	Navatek WEC	Atenuador
NEMOS GmbH	Alemania	NEMOS	Otros
Nodding Beam	UK	Nodding Beam	Otros
Norvento	España	Norvento converter	Otros
Norwegian University of Science and Technology	Noruega	CONWEC	Absorbedor Puntual
Nualgi Nanobiotech	India	Rock n Roll wave energy device	Atenuador

Compañía	País	Nombre convertidor	Tecnología
Ocean Energy Industries Inc	USA	WaveSurfer	Absorbedor Puntual
		Wave platform	Absorbedor Puntual
Ocean Energy Laboratory of Guangzhou Institute of Energy Conversion (GIEC), Chinese Academy of Sciences	China	Duck	Atenuador
		Neza II	Absorbedor Puntual
		Eagle	Atenuador
Ocean Energy Ltd	Irlanda	Ocean Energy Buoy	Columna de Agua Oscilante (OWC)
Ocean Harvesting Technologies	Suecia	Ocean Harvester	Absorbedor Puntual
Ocean Hydropower Systems Ltd	UK	OHS Wave Energy Array	Absorbedor Puntual
Ocean Motion International	USA	OMI Combined Energy System	Absorbedor Puntual
Ocean Power Technologies	UK/USA	Power Buoy	Absorbedor Puntual
Oceanic Power SL	España	Sea Heart	Absorbedor Puntual
Ocean RusEnergy	Rusia	Ocean 3	Otros
		Ocean 160	Otros
		Ocean 640	Otros
Ocean Wave and Wind Energy (OWWE)	Noruega	OWWE-Rig	Rebosamiento
		Wave Pump Rig	Absorbedor Puntual
Oceanlinx	Australia	greenWAVE	Columna de Agua Oscilante (OWC)
		ogWave	Columna de Agua Oscilante (OWC)
		blueWAVE	Columna de Agua Oscilante (OWC)
Oceantec Energías Marinas, S.L. (Tecnalia)	España	Oceantec Energy Converter	Atenuador
Offshore Wave Energy Ltd	UK	OWEL WEC	Convertidor de Tensión Oscilante Undimotriz
Oscilla Power, Inc	USA	TDB (magnetostrictive wave energy harvester_	Absorbedor Puntual
OWC Power AS	Noruega	OWC Power	Columna de Agua Oscilante (OWC)
OWEC Ocean Wave Energy Company	USA	OWEC Ocean Wave Energy Converter	Absorbedor Puntual
PAULEY (Phil Pauley Innovation)	UK	Solar Marine Cells	Otros
Pelagic Power AS	Noruega	W2Power	Absorbedor Puntual
Pelamis Wave Power	Portugal	(AWS) Pelamis Array	Atenuador
	UK	Pelamis	Atenuador
AW Energy	Finlandia	Waveroller	Convertidor de Tensión Oscilante Undimotriz

Compañía	País	Nombre convertidor	Tecnología
PerpetuWave Power Pty Ltd	Canadá	Hybrid Float	Atenuador
PIPO Systems	España	APC-PISYS	Absorbedor Puntual
Polygen Ltd	UK	Ocean WaveFlex	Convertidor de Tensión Oscilante Undimotriz
		Volta WaveFlex	Convertidor de Tensión Oscilante Undimotriz
Pontoon Power	Noruega	Pontoon Power Converter	Atenuador
Portsmouth Innovation Limited	UK	WAVESTORE	Rebosamiento
OPT (US)	España	PowerBuoy	Absorbedor Puntual
Protean Energy Limited	Australia	Protean	Absorbedor Puntual
Pure Marine	Irlanda	DUO Wave Energy Converter	Otros
Pureco AS (formerly Straumekraft)	Noruega	The “Fisherman” WEC	Absorbedor Puntual
RESEN ENERGY	Dinamarca	Resen Waves LOPF buoys	Absorbedor Puntual /Otros
Resolute Marine Energy, Inc	USA	SurgeWEC	Convertidor de Tensión Oscilante Undimotriz
RTI Ocean Wave Energy	USA	RTI Ocean Wave Energy Converter	Otros
Sara Ltd	USA	MHD Wave Conversion (MWEC)	Otros
SDK Marine	España	SDK Wave Turbine	Columna de Agua Oscilante (OWC)
Sea Power Ltd	Irlanda	Sea Power Platform	Atenuador
Sea Wave Energy Ltd (SWEL)	UK	Waveline Magnet	Otros
Seabased AB	Suecia	Linear generator (Islandberg Project)	Absorbedor Puntual
Seamax Energy	Corea	Triton	Otros
SeaNergy	Israel	Turbo Outburst Power/Top Desalination System	Presión Diferencial
Searev	Francia	SEAREV	Masa rotacional
Seatricity	UK	Oceanus 2	Absorbedor Puntual
Seawood Designs Inc	Canadá	SurfPower	Absorbedor Puntual
SEEWEC Consortium	UK	FO3	Absorbedor Puntual
Sigma Energy	Eslovenia	MD wave power converting device	Otros
Snapper Consortium	UK	Snapper	Absorbedor Puntual
Spindrift Energy	USA	Spindrift Energy Device	Absorbedor Puntual
The CyanWave Wave Energy Consortium	UK	CyanWave4	Otros
Tremont Electric	USA	nPower WEC	Absorbedor Puntual

Compañía	País	Nombre convertidor	Tecnología
Trident Energy Ltd, Direct Thrust Designs Ltd	UK	PowerPod linear generator power take-off system and wave energy converter	Absorbedor Puntual
University of Edinburgh	UK	Salter's Duck	Atenuador
Universidad de Santiago de Compostela	España	Wavecat	Atenuador
VERT Labs	UK/Rusia	Floating Network	Absorbedor Puntual
Vigor Wave Energy AB	Suecia	Vigor Wave Energy Converter	Atenuador
Vortex Oscillation Technology Ltd	Rusia	Vortex Oscillation Technology	Atenuador
Wave Dragon	UK/Dinamarca	Wave Dragon	Rebosamiento
	Dinamarca	Danish Benign Test Site	Rebosamiento
Wave Electricity Renewable Power Ocean (WERPO)	Israel	SDE	Convertidor de Tensión Oscilante Undimotriz
Wave Energy Centre (WaVEC)	Portugal	Pico Plant	Columna de Agua Oscilante (OWC)
		Spar Buoy	Columna de Agua Oscilante (OWC)
Wave Energy Technologies Inc.	Canadá	WET EnGen	Absorbedor Puntual
	Nueva Zelanda	WET-NZ device	Absorbedor Puntual
Wave Energy AS	Noruega	Seawave Slot-Cone Generator	Rebosamiento
Wave Star Energy ApS	Dinamarca	Wave Star	Absorbedor Puntual
Waveberg Development	USA	Waveberg	Atenuador
Wavebob, OE Buoy	Irlanda	Irish Open Ocean Test Site	Absorbedor Puntual
	Irlanda	Galway Bay	Absorbedor Puntual
Waveenergyfyn	Dinamarca	Crestwing	Atenuador
Wavegen	UK	Limpet	Columna de Agua Oscilante (OWC)
WavElectric Inc	USA	WE 10/WE 50/WE 125	Masa rotacional
WavePiston	Dinamarca	WavePiston	Atenuador
WavePlane Production	Dinamarca	WavePlane	Rebosamiento
Waves 4 Power	Suecia	WaveEL-buoy	Absorbedor Puntual
Waves Ruiz	Francia	Revague wave energy converter	Otros
Wavetube	Suecia	WaveTube	Otros
Wello OY	Finlandia	Penguin	Masa rotacional
Weptos	Dinamarca	WEPTOS WEC	Otros
WindWavesAndSun	USA	WaveBlanket	Otros
Yu Energy Corp	USA	Yu Oscillating Generator "YOG"	Convertidor de Tensión Oscilante Undimotriz

Tabla 23: Principales desarrolladores a nivel mundial de convertidores undimotrices. Fuente: The European Marine Energy Centre (EMEC) <http://www.emec.org.uk/marine-energy/wave-developers/>, última actualización 18 Mayo 2015

2.4 PROVEEDORES TECNOLÓGICOS NACIONALES

De la tabla 23. Principales desarrolladores a nivel mundial de convertidores undimotrices, se pueden extraer las 10 entidades españolas siguientes:

- [Acubens Naval Architects](#) (Madrid), desarrollador del REWAB, que aparece protegido bajo la patente EP2527641 - Sistema de generación de electricidad por energía undimotriz mediante oscilación.

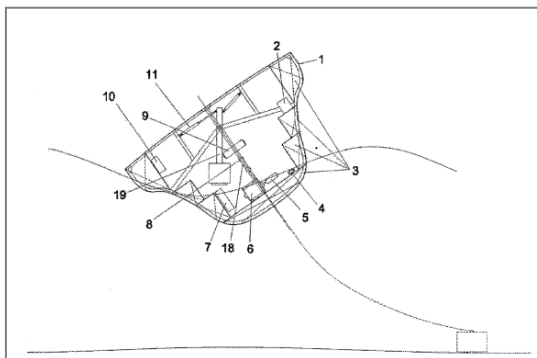


Figura 15: Esquema de la patente EP2527641 de Acubens. Fuente: Espacenet

- [Asturflot SA](#) (HidroFlot SA + Asturfeito, S.A.) ubicada en Asturias. Hidroflot patentó en 2008 el dispositivo conocido por Hidroflot (ES2278489, WO2006084935 - Central eléctrica sumergida para extracción de energía del oleaje) que es un absorbedor puntual (ver figura 16), para posteriormente fusionarse con Asturfeito dando lugar a Asturflot con el objetivo de desarrollar y comercializar la tecnología desarrollada. Su primer proyecto será una planta piloto de 1,5 MW ubicada en el occidente asturiano que han bautizado como el proyecto Calma¹³.

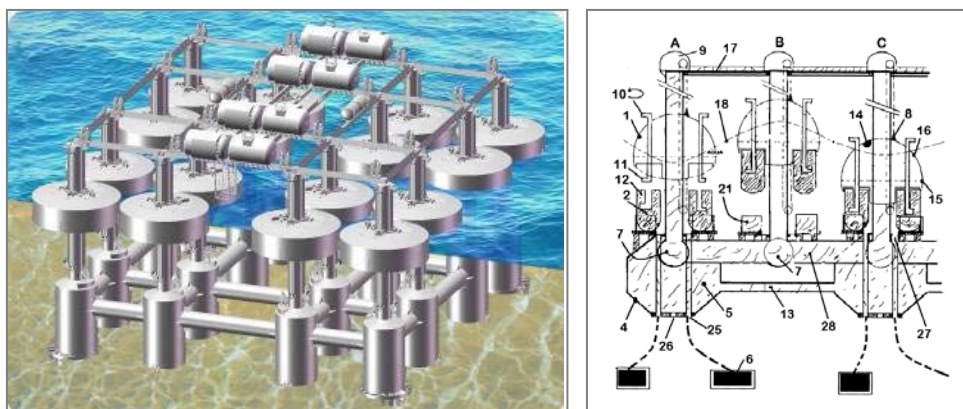


Figura 16: Esquema de la patente ES2278489 de Hidroflot. Fuente: Proyecto CALMA y Espacenet

¹³ Anejo 1: Aspectos técnicos del proyecto CALMA

<<http://coordinadoraecoloxista.org/images/documentos/01%20MEMORIA-Pe%C3%B1as-ASTURFLOT.pdf>>

- [Norvento](#) es un grupo empresarial dedicado a la promoción, construcción y explotación de plantas energéticas que utilizan fuentes de energía de origen renovable presente en el sector energético desde 1981.

La empresa consigue la patente de un dispositivo undimotriz en 2012, ES2354097- Aparato convertidor de la energía de las olas del mar en energía utilizable, que es un sistema híbrido entre absorbedor y seguidor de contorno. Fue fondeado en la costa de Bueu en septiembre del 2014. Actualmente está pendiente de una concesión internacional WO2011018543.

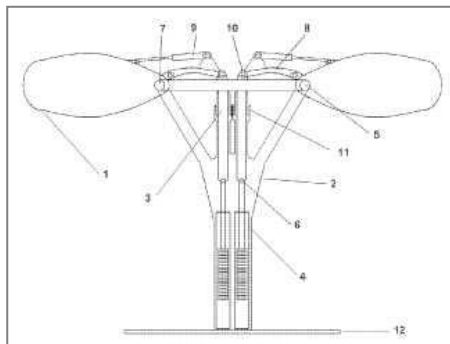


Figura 17: Esquema de la patente ES2354097 de la Norvento. Fuente: Espacenet

- Aunque Norvento participa en el proyecto “Wavecat”, el dispositivo está patentado por el [Grupo de Enxeñaría de Costas e Auga de la Universidad de Santiago de Compostela](#).

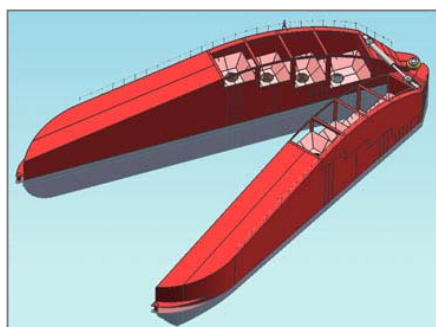
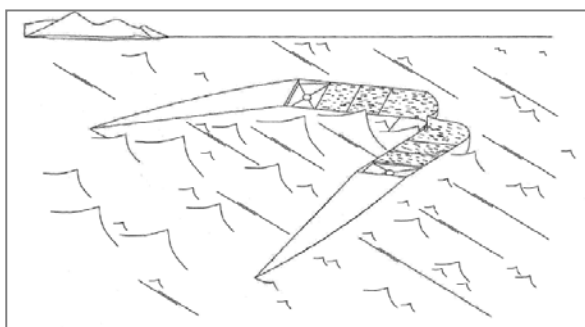


Figura 18: Esquema de la patente EP2042728 de la USC. Fuente: Espacenet

- [PIPO Systems](#) (Sede social en Vigo, delegación en Barcelona), es la empresa que ha desarrollado el sistema APC-PISYS (Patente WO2004063562) de tipo Absorbedor Puntual. El sistema APC-PISYS contempla los sistemas en que boyas sumergidas de volumen variable trabajen simultáneamente con otras en superficie. Se trata de un sistema físico adaptativo y capaz de reaccionar a estímulos externos, respondiendo así ante cualquier situación que amenace su estabilidad.

El último avance acometido por la empresa es la ejecución del proyecto Welcome con el apoyo de la Convocatoria del Plan-E, dentro del PSE, para la evaluación y medición a escala 1:5 del sistema APC-PISYS aplicable a una tecnología de sistemas de observación marinos, en un entorno offshore ubicado en Gran Canaria.

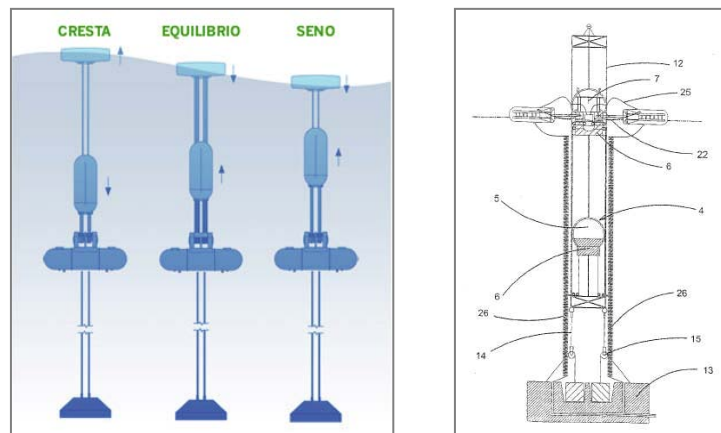


Figura 19: Esquema del sistema convertidor APC-PISYS (Patente WO2004063562). Fuente: Pipo Systems

- CEFLOT SL (Barcelona) actualmente [Ocean Electric](#) (Barcelona y Oregón, USA) es una pequeña empresa que en 2002 diseñó y desarrolló un prototipo de central eléctrica flotante para extraer la energía procedente de las olas, protegida por patente española ES2278489 desde 2008. Esta instalación flotante podría producir entre 150 y 400 MW de potencia nominal. El primer prototipo se llegó a ensayar en el canal hidráulico del Laboratorio de Ingeniería Marítima (LIM) de la UPC para validar el funcionamiento.



Figura 20: Prototipo Ceflot y patente ES2278489. Fuente: Revista energías renovables - febrero 2002, Espacenet

- [SDK Wave Turbine \(Sendekia S.L.\)](#) fundada en 2007 en Madrid comenzó su andadura en el sector fotovoltaico. En 2011 el equipo SDK decidió investigar otras fuentes de energía y descubrir el potencial del mar a través del desarrollo de un producto propio llamado SDK Wave Turbine. Esta tecnología basada en el principio de columna de agua oscilante (OWC), ha sido premiada en tres competiciones internacionales. Igualmente está protegida por patente (ES2456190 - Dispositivo de captación y generador de energía a partir de las olas).

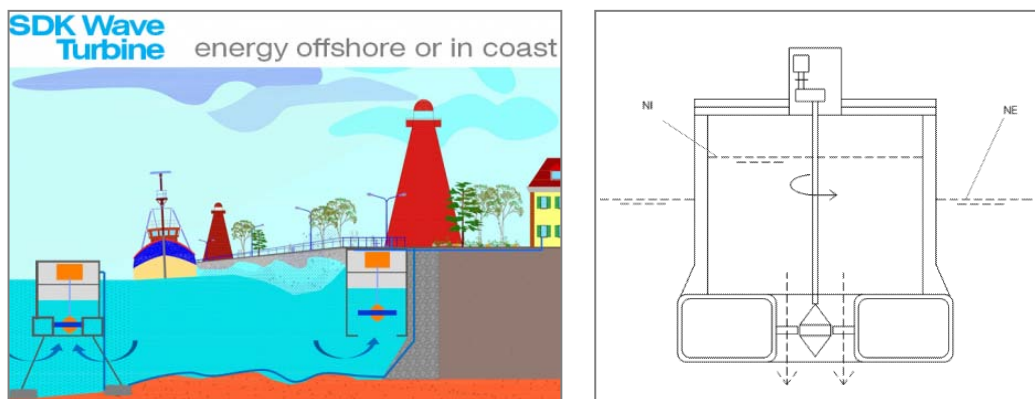


Figura 21: Esquema del sistema convertidor SDK. Fuente: SDK WAVE turbines

- **TECNALIA** es una agrupación tecnológica en el País Vasco que está vinculada desde hace años con el desarrollo de las energías marinas. Entre los proyectos más significativos en energía undimotriz, destacar:
 - ‘Proyecto Oceantec’ ejecutado durante los años 2005-2006¹⁴ y que dio lugar a la patente propiedad de Tecnalia “Instalación y Método para el Aprovechamiento de la Energía de las Olas”, WO2008040822 con fecha de prioridad en 2006.

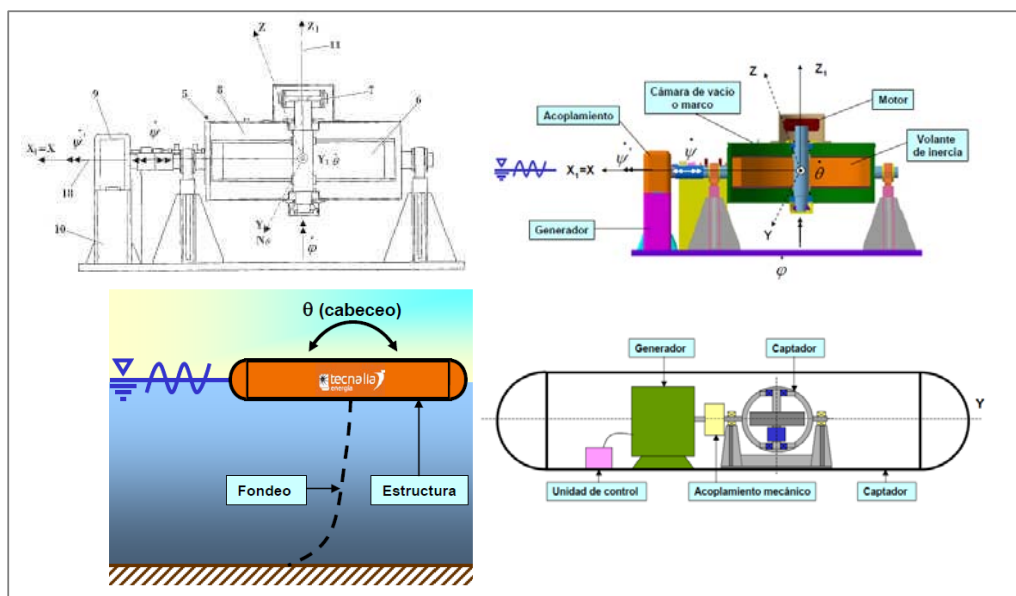


Figura 22: Esquema de la patente de Tecnalia WO2008040822. Fuente: Espacenet

- La coordinación del Proyecto singular estratégico de energías marinas PSE-MAR, una iniciativa española en el campo de la investigación de la energía del océano. Este proyecto supuso un impulso para tres tecnologías españolas hacia la viabilidad técnica, a saber: las patentes de PIPO SYSTEMS (WO2004063562), HIDROFLOT (WO2006084935) y TECNALIA (WO2008040822) ya mencionadas.

¹⁴ http://www.bizkaia.net/Home2/Archivos/DPT08/Temas/Pdf/Ekin_Eus_2005/16-2005.pdf

- EquiMar (7PM) cuyo objetivo era elaborar un conjunto de protocolos y recomendaciones para la evaluación equiparable de convertidores de energías marinas, basados tanto en energía de las olas como de las mareas,
- CORES «Componentes para sistemas de energía marina renovable»(7PM),
- Wavetrain2, cuyo objetivo es crear una cantera de expertos en el campo de la energía de las olas. Wavetrain2 es un proyecto Marie-Curie Initial Training Network (ITN), cuyos fondos provienen del programa FP7-People de la Comisión Europea.
- WAVEPLAM es un proyecto europeo que pretende eliminar las barreras no tecnológicas que implica el aprovechamiento de las olas para generar electricidad.

Además TECNALIA participa en el grupo de normalización IEC/TC114 para convertidores de energía marina y preside el grupo espejo de normalización en España en materia de energía marina.

- [OCEANTEC ENERGÍAS MARINAS](#), es una empresa constituida en el año 2008 por TECNALIA e IBERDROLA. La compañía desarrolla tecnología y producto para la generación de energía a partir de las olas. Tras el desarrollo de un primer concepto basado en un giróscopo por parte de Tecnalia (WO2008040822), en 2011 tras un análisis exhaustivo de los diferentes conceptos existentes para el aprovechamiento de energía de las olas, Oceantec identificó el concepto de OWC (columna de agua oscilante) como el que más posibilidades tiene de poder competir en la futura industria Undimotriz. A partir de ese momento comenzó el desarrollo de su propio concepto basado en ese principio, hasta lograr el ‘Oceantec Energy Converter’ de tipo atenuador. Durante más de tres años se ha requerido de una inversión de más de dos millones de euros hasta la fecha. Los ensayos darán comienzo en el verano de 2016 y se realizarán durante un año utilizando la infraestructura del BIMEP.



Figura 23: Oceantec Energy Converter. Fuente: Oceantec - (CleanTech Forum 2013)

- [IBERDROLA](#), aunque no ha desarrollado directamente ninguna tecnología de conversión undimotriz, sí participa activamente en proyectos que la fomentan. A través de su filial británica ScottishPower Renewables, inició en 2011 en Escocia el desarrollo de la fase final de su primera planta de energía de las olas con tecnología Pelamis. El Pelamis P2 es la

segunda generación de la tecnología Pelamis Wave. Esta instalación renovable, tiene 180 metros de largo y puede generar 750 kilovatios (kW) de electricidad. Esta infraestructura se instaló en el EMEC (Centro Europeo de Energía Marina). IBERDROLA ha conseguido la concesión en exclusividad de dos áreas del mismo para el desarrollo de dos proyectos: Marwick Head (50 MW), que podría albergar hasta sesenta y seis generadores Pelamis P2, y Ness of Duncansby (95 MW), destinado a la energía de las corrientes.

Uno de sus proyectos estrella es el [CENIT-E OCEAN LÍDER](#), **LÍDER**es en **Energías Renovables Oceánicas** (2009- 2013) liderado por Iberdrola, que constituyó una de las grandes iniciativas tecnológicas para generar y crear el conocimiento y las tecnologías necesarias para el aprovechamiento eficiente e integral de las energías oceánicas renovables. Contó con un presupuesto cercano a 30 M€ y participaron múltiples empresas y centros subcontratados:



Figura 24: Miembros del consorcio Ocean Lider. Fuente: Oceanlider.com

2.4.1 PROVEEDORES TECNOLÓGICOS CON SEDE EN GALICIA

Las principales entidades gallegas relacionadas con el desarrollo de la energía Undimotriz son principalmente: **CIS Galicia, Grupo de Ingeniería de espaldas y de Agua (GECA) de la Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Ingeniería Naval y Oceánica de la de la Universidad de la Coruña, el Centro Tecnológico en Edificación e Ingeniería Civil (CITEEC) de la Universidad de la Coruña, INEGA- Instituto Enerxético de Galicia, Norvento, el astillero Baliño, ingeniería Vicusdt, Pipo Systems y Centro Tecnológico del Mar -Cetmar.**

Con participación en diversas actividades relacionadas tal como se deduce de sus apariciones en prensa:

- Las aguas de Bueu acogen un prototipo experimental para aprovechar la energía que generan las olas

“La ría de Pontevedra contará durante los próximos meses con un nuevo inquilino en sus aguas. La empresa gallega **Norvento** instalará esta semana en Bueu un prototipo experimental para intentar aprovechar la energía olamotriz o que generan las olas, una de las fuentes de energía renovable con más futuro. El proyecto se lleva gestando desde hace varios años y si los resultados son positivos puede abrir una nueva vía en la producción y distribución de la energía.”. ([Faro de Vigo, 22.09.2014](#))

- Trabajan en un sistema “wavecat” para aprovechar la energía de las olas

“El Centro de Innovación y Servicios de Ferrol lidera un proyecto de I+D+i para el desarrollo técnico y la construcción de un prototipo del sistema «Wavecat», diseñado por el Grupo de Ingeniería de espaldas y de Agua de la Universidad de Santiago de Compostela para el aprovechamiento energético de las olas del mar. Este proyecto abordará la definición total de su estructura para asegurar una productividad excelente y garantizar la resistencia y la viabilidad.

El proyecto supone la colaboración entre centros tecnológicos, universidades y empresas ya que participan en este proyecto además del **CIS Galicia** y el **Grupo de Ingeniería de espaldas y de Agua (GECA) de la USC**, titular de la patente, la **Universidad de la Coruña, a través del Departamento de Ingeniería Naval y Oceánica, el Centro Tecnológico en Edificación e Ingeniería Civil (CITEEC)**, y las empresas **Norvento y Baliño.**” ([Diario ABC, 01/04/2008](#))

- VICUSdt trabaja en un aparato que generaría energía con el oleaje gallego

“La empresa gallega **VICUS Desarrollos Tecnológicos S.L.** está desarrollando, en colaboración con las Universidades de Santiago y A Coruña y con otras empresas gallegas como Novento Enerxía, el estudio de la posibilidad de producir electricidad en Galicia a partir del movimiento de las olas. Para ello han construido un dispositivo a escala con el que han

ensayado en un tanque de olas. Actualmente están construyendo uno nuevo a mayor escala, y ambos cuentan con el apoyo del programa INCITE de la Xunta de Galicia.

La iniciativa, conocida como “Wavecat”, consiste en instalar en la superficie del mar una especie de plataformas flotantes que aprovechen la fuerza de las olas para convertirlas en energía.” ([Noticias web Vicusdt, 2008](#))

- Prueban en el puerto exterior de punta Langosteira un parque de energía Undimotriz

“Aprovechar la fuerza de las olas para generar electricidad es el objetivo del proyecto europeo *Energy Mare*, que lidera la Xunta -a través del **Inega**- y que intentará analizar las posibilidades que ofrece la energía undimotriz (también conocida como olamotriz) en la comunidad. El plan cuenta con un presupuesto de tres millones de euros, de los que la Consellería de Industria aporta un 20 %, y uno de sus primeros pasos será la creación de una zona de experimentación en punta Langosteira”. ([La Voz de Galicia, 15 de abril de 2015](#))

- Economía acotará una zona costera para ensayar proyectos de generación eléctrica a partir del oleaje del mar

“En la costa gallega el aprovechamiento energético de las olas tiene más posibilidades que la maremotriz, según los expertos. Ya la Consellería de Innovación había impulsado en el año 2006 un proyecto en colaboración con el **Centro Tecnológico del Mar (Cetmar)** y la empresa Pipo Systems para diseñar un prototipo que está previsto que se pruebe en 2011. Esta instalación piloto estaría ubicada en el entorno de Cabo Vilano y las Illas Sisargas.” ([Faro de Vigo, 20 de mayo de 2010](#)).

- La carrera hacia la boya inteligente

“El invento, con patente mundial, fue ideado por el tecnólogo Abel Cucurella y coordinado por Rafael Ibáñez, ambos fundadores de la empresa española **Pipo Systems**. Contó con el apoyo financiero del Ministerio de Economía y Competitividad y la Comunidad Europea (Fondos Feder), y su desarrollo se traduce en diez años de trabajo, 14 millones de inversión y la colaboración de importantes centros científicos como es el caso de la Plataforma Oceánica de Canarias y las universidades de Zaragoza y Politécnica de Cataluña.

El hecho de que Canarias haya jugado un papel fundamental en el proyecto de la empresa Pipo Systems, con domicilio fiscal en Vigo (Galicia), obedece fundamentalmente a la creación de la Plataforma Oceánica de Canarias, institución pública financiada al 50 % por el Gobierno de España y por la Comunidad Canaria.”([La Provincia, Diario de las Palmas, 21 de octubre de 2012](#))

Por proximidad, destaca también la gallega **Magallanes Renovables**, aunque esta empresa ha desarrollado un dispositivo de aprovechamiento de la energía de las mareas, no undimotriz.

- Vigo botará en marzo el primer trimarán que genera energía mareal

“Siete años después de iniciarse su concepción, el proyecto Magallanes está a punto de dar un paso sustancial en la carrera para obtener electricidad de las mareas. El próximo mes de

marzo se botará en la ría la primera plataforma flotante con ese fin, cuya construcción se ultima en el **astillero Cardama**. Detrás del ambicioso proyecto está la empresa rendondelana Magallanes Renovables con Alejandro Marques de Magallanes como impulsor, director y accionista de referencia. Además de Cardama, le acompañan en la iniciativa varios socios más, entre ellos la ingeniería viguesa **CNV Architects**.

Si se cumplen las previsiones, la plataforma-trimarán, de 40 metros de eslora y 25 de manga, podría empezar a comercializarse dentro de dos años.” ([La Voz de Vigo, 25 de enero de 2015](#))

2.5 INFRAESTRUCTURAS DE EXPERIMENTACIÓN PARA SISTEMAS UNDIMOTRICES

Resulta indispensable poner a disposición de los desarrolladores de sistemas de captación de energías marinas infraestructuras para la investigación, prueba y perfeccionamiento de sus máquinas, tanto en tanques y canales para modelos a escala, como para la demostración en mar.

Existen instalaciones de este tipo, en operación o en construcción, siendo más numerosas en Europa, tal como se observa en la siguiente figura, que muestra las plataformas existentes de experimentación marina a nivel mundial:



Figura 25: Plataformas de experimentación marina a nivel mundial. Fuente: OES – Ocean Energy Systems

El siguiente mapa muestra con mayor detalle, las infraestructuras en Europa:

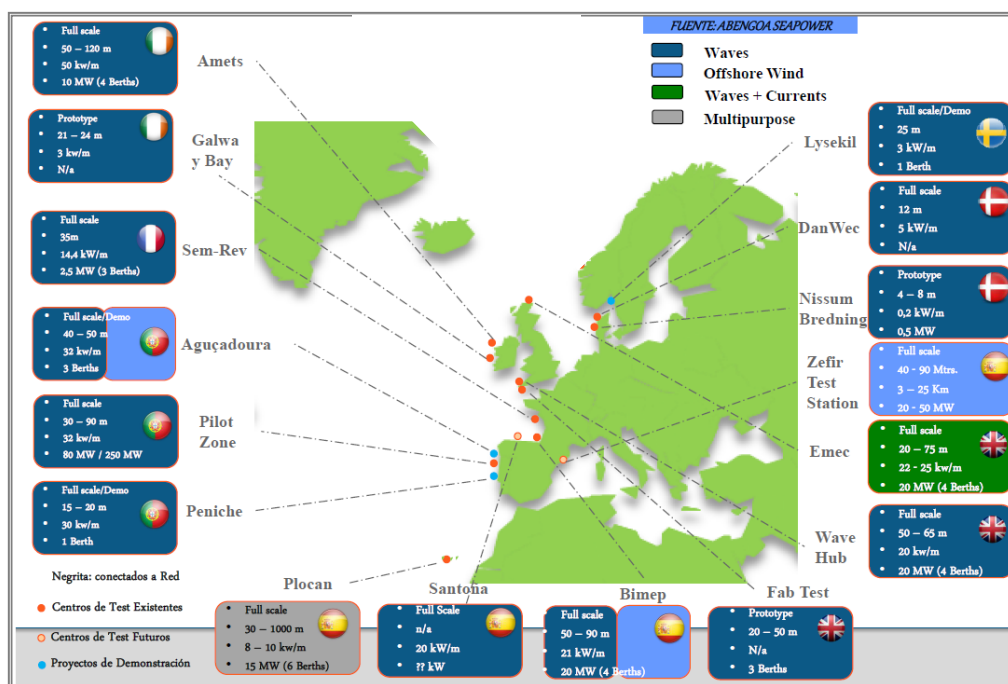


Figura 26: Plataformas activas de experimentación marina en Europa. Fuente: Abengoa Seapower
Particularmente en España, existen las siguientes infraestructuras para experimentación de los sistemas undimotrices¹⁵:

- **PLOCAN (Plataforma Oceánica de Canarias)**¹⁶ es una Infraestructura al servicio de la comunidad científico-técnica con una serie de elementos singulares que permiten desarrollar nuevos productos y servicios en el sector del mediambiente marino. Estos elementos son:
 - Plataforma marina multipropósito destinada a actuar como base para el desarrollo de ensayos y experimentos
 - Banco de ensayos para nuevas tecnologías marinas
 - Observatorio marino
 - Base de vehículos y máquinas submarinas
 - Centro de control en tierra

Ya se han puesto en marcha actividades científicas y de investigación.

- **Biscay Marine Energy Platform o BIMEP** es una infraestructura de ensayos y demostración para convertidores de energía marina, situada frente a las costas de Arminza. Cuenta con 20 MW de capacidad y tiene como fin demostrar la viabilidad técnica y económica de los convertidores, así como su seguridad antes de pasar a un

¹⁵ Ministerio de Economía y Competitividad, Coordinación de Actividades en Energías Marinas en España, febrero 2013

¹⁶ <http://www.proexca.es/Portals/0/Documents/InvertirCanarias/ER/PLOCAN.pdf>

estado comercial a gran escala. Su entrada en funcionamiento está prevista para el año 2015.

- Como complemento del **Cantabrian Coastal and Ocean Basin** se están planificando dos espacios en alta mar para la experimentación con prototipos a escala real: el parque experimental para prototipos de energía del oleaje (Santoña) y para prototipos de energía eólica offshore en Ubiarco.

2.6 ANEXO

Adicionalmente al mapa figura 25, se incluye a continuación las plataformas de experimentación marina existentes a nivel mundial que posibilitan el ensayo de proyectos undimotrices.

Nombre	País	Promotor	Ubicación	Conexión Red	Estado
Estados Unidos y Canadá (5 infraestructuras)					
Fundy Ocean Research Centre for Energy (FORCE) - Tidal Energy	Canadá	FORCE	Minas Passage (Nova Scotia, Canada)	Sí (64MW)	Existente
Canadian Hydrokinetic Turbine Test Centre (CHTTC) - River Current Energy	Canadá	Lead: University of Manitoba	Winnipeg River, Manitoba	Sí	Existente
PMEC – SETS	USA	NNMREC and OSU	Newport, Oregon	Sí (~10 MW)	Previsto 2016
PMEC - NETS	USA	NNMREC and OSU	North of Yaquina Head	No	Operativa
Kaneohe Site	USA	HINMREC	Marine Corps Base Hawaii, Kaneohe Bay, Hawaii	Sí	Operativa
Oceanía (1 infraestructura)					
NZ Marine Energy Centre	Nueva Zelanda	AWATEA y HERA	Wellington region	1 MW Planificado	Planificación (2015)
Asia (1 infraestructura)					
Wave Energy and Tidal Current Energy Test Site	China	National Ocean Technology Center	Chengshantou (Shandong Province)	Sí (0.3MW)	En fase de aprobación
Europa (15 infraestructuras)					
Sem-Rev	Francia	Ecole Centrale de Nantes	Le Croisic	No	Existente
Nissum Bredning	Dinamarca	Aalborg University	Benign site	Sí (20 kW)	Operativa
DanWEC	Dinamarca	DanWEC	North Sea Hanstholm	Planificada para 2015	Operativa
Galway Bay Quarter Scale Wave Energy Test Site	Irlanda	Marine Institute	Galway Bay	No	Operativa
Atlantic Wave Energy Test Site (AMETS)	Irlanda	SEAI	Belmullet	Sí	En desarrollo
Oceanplug /Zona Piloto Portuguesa	Portugal	REN/ENONDAS	S. Pedro de Moel	Sí	Planificado
Aguaçadoura	Portugal	Consorcio de empresas: Enersis, Ocean Energy Power EDP, Efacec, Babcock&Brown	Póvoa de Varzim	Actualmente desconectado	Instalado en 2008, está compuesto por tres Pelamis P1, de 750 kW
Peniche	Portugal	nd	Peniche	No	Existente
PLOCAN	España	Consorcio PLOCAN	Islas Canarias	Sí (15 MW)	Existente
Bimpe	España	EVE	Armintza, Bilbao	Sí (20MW)	Operativa
Santoña/Ubiarco	España	IH Cantabria	Cantabria	No	Planificada
Lysekil wave power research site	Suecia	Uppsala University	Islandsberg	No	Existente (2006)
WaveHub	Reino Unido	Claire Gibson	Hayle, Cornwall	Sí (20MW)	Existente
Fab Test	Reino Unido	Falmouth Harbour Commissioner	Falmouth, Cornwall	No	Existente
EMEC	Reino Unido	Neil Kermode	Orkney, Scotland	Sí (11MW)	Existente

Tabla 24: Principales infraestructuras de pruebas para convertidores undimotrices a nivel mundial. Fuente: OES - Ocean Energy Systems