



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE  
NÁUTICA E MÁQUINAS

(ANEXO VI)

## TRABALLO DE FIN DE MÁSTER

---

# “ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE UN PARQUE UNDIMOTRIZ OFFSHORE SOBRE FONDO ARENOSO EN LA COSTA NORTE DE GALICIA”

---

MÁSTER EN “ENXEÑARÍA MARIÑA”

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA E MÁQUINAS

JUNIO – 2020

AUTOR: ADRIANA LOPEZ FORMIGO

DIRECTOR: JOSE ANTONIO OROSA GARCIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE  
NÁUTICA E MÁQUINAS

## TRABALLO DE FIN DE MÁSTER

---

# “ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE UN PARQUE UNDIMOTRIZ OFFSHORE SOBRE FONDO ARENOSO EN LA COSTA NORTE DE GALICIA”

---

MÁSTER EN “ENXEÑARÍA MARIÑA”

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA E MÁQUINAS

JUNIO – 2020

AUTOR:

DIRECTOR

Fdo.: Adriana López Formigo

Fdo.: Jose Antonio Orosa García



## 1 RESUMEN

### Resumo

A enerxía undimotriz e unha enerxía que permite obter electricidade a partir de enerxía mecánica xerada polo movemento das ondas do mar. O obxectivo deste traballo é atopar a mellor situación para un parque de ondas na costa norte de Galicia. Para isto lévase a cabo unha análise de posibles localizacións atendendo ao fondo mariño (área), a profundidades requirida no mar (50-100 m) e seguindo a liña eléctrica para poder partir dunha subestación existente. Para realizar esta análise dividírase a costa en sectores desde Ribadeo ata Muros, para analizar de forma independente e, especificando así as características de cada un, para escoller finalmente os máis óptimos. A pesar de cumprir as bases desde tipo de estudos, como consecuencia do enorme traballo que isto implicaría, o presente traballo centrouse nun estudo previo e conseguindo así unha selección preliminar sentando as bases para estudos posteriores máis detallados unha vez determinado o tipo de dispositivo da planta de ondas a implementar e despois de ter obtido unha avaliación ambiental positiva.



## Resumen

La energía undimotriz es la energía que permite la obtención de electricidad a partir de energía mecánica generada por el movimiento de las olas del mar. El objeto del presente trabajo es la búsqueda de a mejor ubicación para un parque undimotriz en la costa norte de Galicia. Para ello se ha llevado a cabo un análisis de posibles ubicaciones atendiendo al fondo marino (arena), la profundidad requerida offshore (50-100m) y siguiendo la línea de tendido eléctrico para poder así partir de alguna subestación existente. Para llevar a cabo dicho análisis se dividirá la costa por sectores desde Ribadeo a Muros, para ser analizados de forma independiente, y concretando así las características de cada una de ellas, para elegir finalmente las más óptimas. A pesar de cumplirse con las bases de este tipo de estudios, como consecuencia del ingente trabajo que ello implicaría, el presente trabajo se ha centrado en un estudio previo y lograr así una selección preliminar sentando las bases de estudios posteriores más detallados una vez se determine el tipo dispositivo de la planta undimotriz a implementar y tras haber obtenido una evaluación medioambiental positiva.



## Abstract

Wave power is the energy that allows obtaining electricity from mechanical energy generated by the movement of sea waves. The purpose of this work is to find the best location for a wave park on the north coast of Galicia. To reach this objective, an analysis of possible locations was done attending to the seabed (sand), the required depth offshore (50-100 m) and following the power line to be able to start from an existing substation. To carry out this analysis, the coast was divided by sectors from Ribadeo to Muros, to be analysed independently, and thus specifying the characteristics of each one, to finally choose the most optimal ones. The present work is focused on a preliminary study, because of the enormous work that a complete analysis implies, but complying with the bases of this type of study. In consequence, once it is determined the device type of the wave plant to be implemented and after having obtained a positive environmental, this work will lay the basis for more detailed subsequent studies.



## ÍNDICE GENERAL

<b>1</b>	<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETO</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>MEMORIA</b> .....	<b>10</b>
3.1	ANÁLISIS PREVIO. ENERGÍA UNDIMOTRIZ .....	10
3.1.1	Energía y normativa europea .....	10
3.1.1.1	Objetivos 2020 .....	10
3.1.1.2	Objetivo 2030 .....	13
3.1.2	Prototipos existentes .....	13
3.1.2.1	Prototipos EEUU .....	14
3.1.2.2	Prototipos Reino Unido .....	15
3.1.2.3	Prototipos de Noruega .....	19
3.1.2.4	Prototipos Dinamarca.....	21
3.1.2.5	Prototipos Australia .....	23
3.1.2.6	Prototipos Alemania .....	25
3.1.2.7	Prototipos España.....	25
3.1.2.8	Estudio de la tecnología más adecuada .....	27
3.1.2.9	Mantenimiento.....	28
3.2	TRAMITACIÓN ADMINISTRATIVA.....	31



3.2.1	Solicitud de reserva de zona / Procedimiento de concurrencia .....	31
3.2.2	Evaluación / Reserva de zona / Autorización Administrativa.....	32
3.3	ANÁLISIS UBICACIONES.....	33
3.3.1	Antecedentes .....	33
3.3.2	Limitaciones .....	36
3.3.2.1	Distribución de redes eléctricas .....	36
3.3.2.2	Áreas de protección .....	41
3.3.2.3	Rutas marítimas .....	49
3.3.2.4	Zonas de marisqueo .....	50
3.3.2.5	Zonas de pesca.....	50
3.3.2.6	Acuicultura .....	51
3.3.3	Método de análisis .....	52
3.3.4	Particiones .....	59
3.3.4.1	Partición 1: De Ribadeo al Faro Roncadoira.....	59
3.3.4.2	Partición 2: De Faro Roncadoira a Cedeira. ....	69
3.3.4.3	Partición 3: De Cedeira a Puerto Ext. de La Coruña.....	78
3.3.4.4	Partición 4: De Puerto Ext. de La Coruña a Faro de Cabo Vilán. .	84
3.3.4.5	Partición 5: De Faro de Cabo Vilán a Muros.....	93
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>97</b>



<b>5</b>	<b>LEGISLACION APLICABLE .....</b>	<b>100</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>102</b>
<b>7</b>	<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>106</b>
<b>8</b>	<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>110</b>
<b>9</b>	<b>INDICE DE GRAFICOS.....</b>	<b>113</b>



## 2 OBJETO

En los últimos años el sector de las energías renovables se ha diversificado, y la apuesta económica actual se vuelca en estudios y proyectos sobre biocombustibles avanzados, energía solar concentrada, energía geotérmica, eólica marina flotante y energía oceánica. Las más atractivas en el Norte de España, son sin duda la eólica y oceánica, especialmente la undimotriz, que rentabiliza la energía cinética y potencial del oleaje. Como se puede ver en la Figura 2.1 la potencia media (kW/m) anual en el litoral español es mayor en el Cantábrico que en el Mediterráneo.

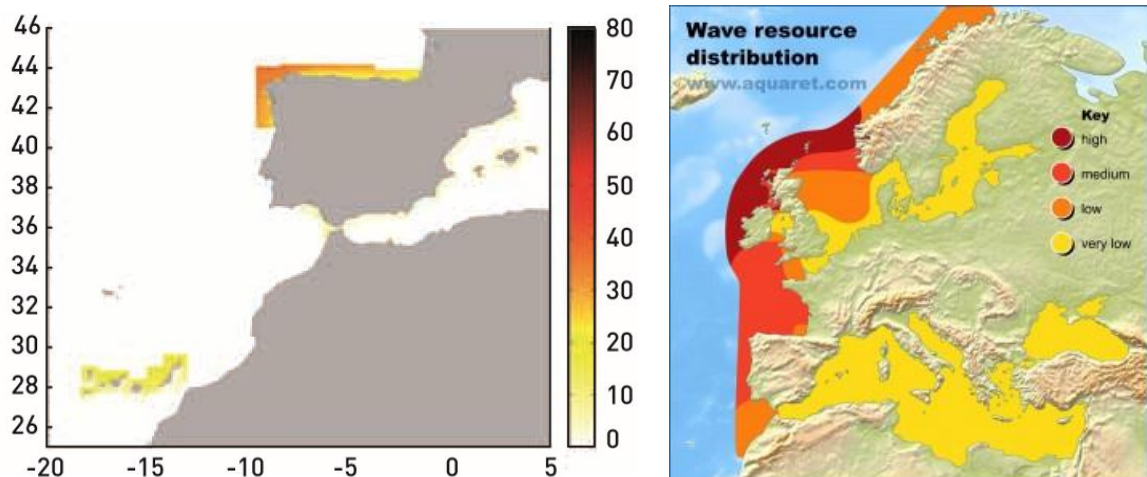


Figura 2.1. Potencia media (kW/m) anual en el litoral español [1].

La Comisión Europea financió una treintena de proyectos sobre energía de las olas que involucraron a un gran número de equipos activos en Europa. En los últimos años, el creciente interés en la energía de las olas está teniendo lugar en Estados Unidos, Canadá, Corea del Sur, Australia, Nueva Zelanda, Brasil, Chile, México y otros países.

Surgieron varios proyectos de ubicación de un parque de boyas en la Península, pero en la actualidad la mayoría de estos proyectos se han ralentizado o desaparecido.

IDEA realiza un estudio técnico completo del potencial en las costas peninsulares e islas, elaborando un atlas de potencial de ola partiendo de las bases de datos de oleaje disponible y estudiando sectores direccionales de  $45^\circ$ . Como resultado, se ha obtenido que la costa de Galicia es la de mayor potencial con potencias medias de 40-45 kW/m en los sectores WNW y NW, tal y como se observa en la Figura 2.2.

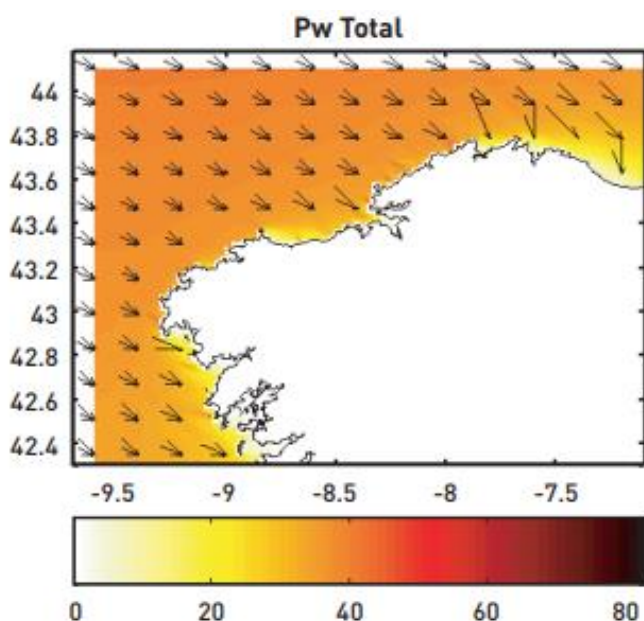


Figura 2.2. Potencia media (kW/m) y dirección media de la energía del oleaje [\[1\]](#).

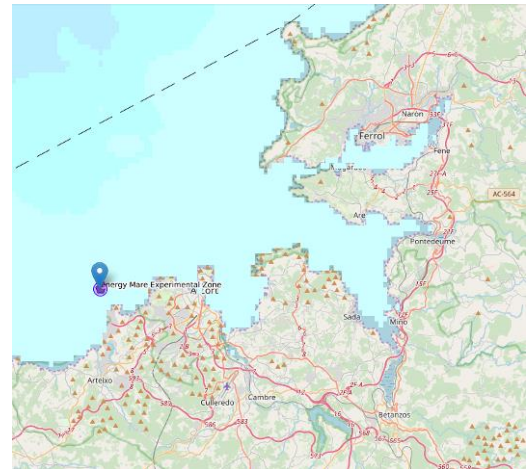
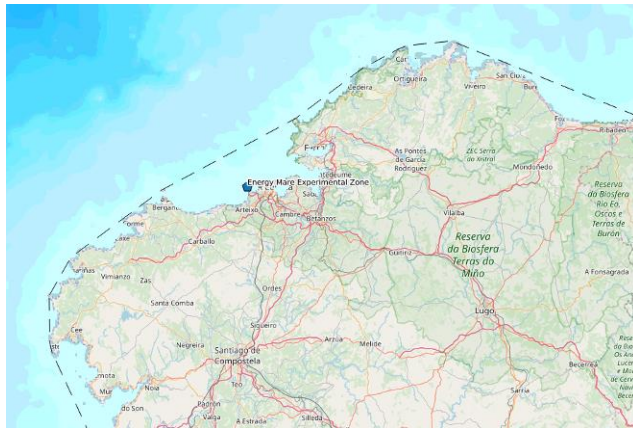
Hoy en día, existe un proyecto europeo de la energía en el mar “ENERGY MARE”, cuyas actividades a desarrollar incluyen: análisis de potencial de la energía marina en toda la costa atlántica europea, análisis de la tecnología existente, análisis de los sistemas de evacuación y transporte de la energía generada, creación de zonas de experimentación tecnológica e impacto del desarrollo de las fuentes energéticas marinas. Una de estas zonas de experimentación ha sido situada en las costas coruñesas, con el propósito de experimentar prototipos, tal y como se aprecia en la Figura 2.3.



TRABAJO FIN DE MASTER

Adriana López Formigo

MASTER EN INGENIERÍA MARÍNA



Marine energy testing facilities: Energy Mare Experimental Zone	
Test_Facility	Energy Mare Experimental Zone
Short_Name	Energy Mare Experimental Zone
Facility_Type	demo zone
Sea	Atlantic Ocean
Continent	Europe
Country	Spain
Region	Port of Punta Langosteira, Galicia
Latitude	43.372
Longitude	-8.508
Estimated_Commissioning	2017
Website	<a href="http://www.inega.gal/informacion/proxectos">http://www.inega.gal/informacion/proxectos</a>
Capacity	Demonstration of wave energy converters
Major_Projects	
Image	
tooltip	Energy Mare Experimental Zone
<b>Bathymetry: -947198, 5368765</b>	
Band 1	-55.9712

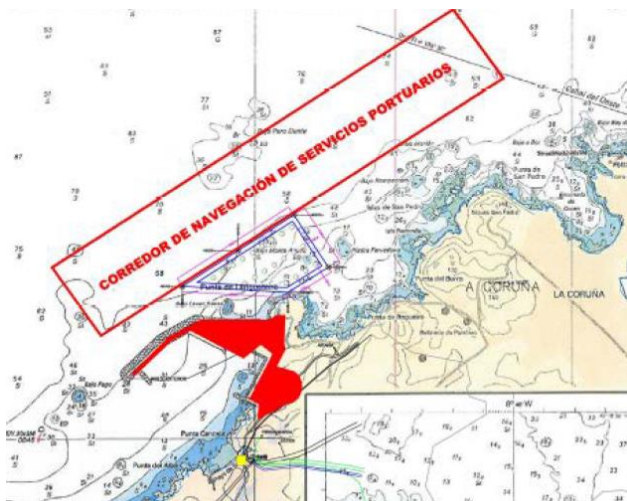
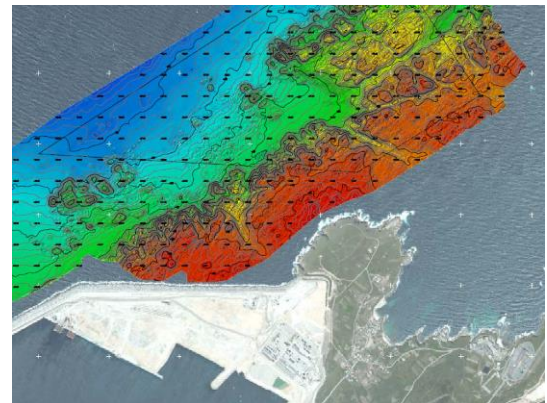


Figura 2.3. Ubicación zona de experimentación ENERGY MARE y batimetría realizada mediante sonar de barrido lateral en puerto exterior de la Coruña [2].



En la búsqueda de energías alternativas de aplicación en Galicia, y con la intención de acotar las posibilidades reales de instalación de un parque undimotriz en estas costas, se ha realizado un análisis de posibles ubicaciones atendiendo al fondo marino (arena), la profundidad requerida offshore (50-100m) y siguiendo la línea de tendido eléctrico para poder partir de alguna subestación existente.

### 3 MEMORIA

#### 3.1 Análisis previo. Energía undimotriz

##### 3.1.1 Energía y normativa europea

###### 3.1.1.1 Objetivos 2020

Los principales objetivos establecidos para España en la Directiva Europea 2009/28/CE del Parlamento Europeo y Consejo de 23 de abril de 2009 eran:

###### 3.1.1.1.1 Objetivo 1:

Alcanzar en 2020 el 20% del total de la energía final bruta consumida a nivel europeo procedente de energías renovables. A pesar de la crisis económica entre 2008 y 2014, se ha superado la expectativa que sitúa en el 2018 el porcentaje en un 38,4% [\[3\]](#), tal y como se observa en la Figura 3.1.1.1.1.

En 2019, el 36,8 % de la electricidad generada en nuestro país fue renovable y el 58,6 % fue libre de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Las energías limpias representan ya el 49,3 % de la capacidad de generación en España.

El carbón que, con el 5 % del total de generación nacional que anota la menor participación de esta tecnología desde que Red Eléctrica tiene registro.

La energía solar fotovoltaica, ha sido durante 2019 la tecnología que más ha incrementado su presencia en el parque de generación español, con un aumento del 66 % respecto a 2018.

Por otra parte, 2019 ha significado también el estreno español en potencia eólica marina, con la entrada en servicio del primer generador eólico *offshore* de España, en la isla de Gran Canaria, con una potencia de generación de 5 MW que se contabilizan dentro de la eólica.

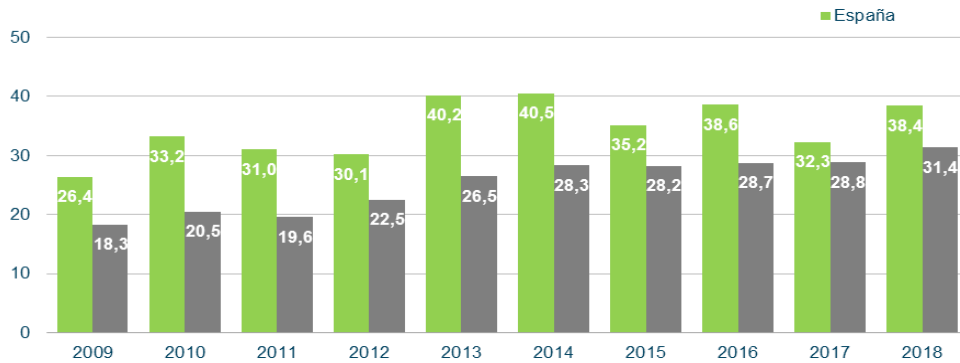


Figura 3.1.1.1.1 Generación renovable sobre la generación total en España (en color verde) y en una selección de países miembros de E22 (color gris) [1].

### 3.1.1.1.2 Objetivo 2:

El consumo de energía de sector del transporte sea al menos un 10% de energía procedente de fuentes renovables en cada Estado miembro. El transporte es el sector que más energía consume en España (40%). En este caso estamos lejos de cumplir esta cuota, tal y como se puede apreciar en la Tabla 3.1.1.1.2.1.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2020 target
EU-28	1.4	1.8	2.4	3.1	3.9	4.6	5.2	4.0	5.3	5.7	6.1	6.6	7.2	7.6	10.0
Belgium	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	2.1	4.7	4.7	4.8	5.0	5.8	3.9	6.0	6.6	10.0
Bulgaria	0.9	0.8	1.0	0.9	0.9	1.0	1.4	0.8	0.6	5.8	5.7	6.4	7.2	7.2	10.0
Czechia	1.6	0.9	1.2	1.4	2.7	4.1	5.1	1.2	6.1	6.3	6.9	6.5	6.4	6.6	10.0
Denmark	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.7	1.1	3.6	6.4	6.6	6.7	6.7	6.8	6.8	10.0
Germany	2.2	4.0	6.8	7.5	6.4	5.9	6.4	6.5	7.4	7.3	6.9	6.6	7.0	7.0	10.0
Estonia	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	10.0
Ireland	0.0	0.1	0.1	0.5	1.3	2.0	2.5	5.4	4.9	5.7	5.3	5.9	5.2	7.4	10.0
Greece	0.1	0.1	0.7	1.3	1.1	1.1	1.9	0.6	0.9	1.0	1.3	1.1	1.6	1.8	10.0
Spain	1.0	1.3	0.8	1.4	2.2	3.7	5.0	0.8	0.9	1.1	1.1	1.3	5.3	5.9	10.0
France	1.5	2.1	2.3	4.0	6.2	6.6	6.5	1.0	7.4	7.2	8.2	8.4	8.7	9.1	10.0
Croatia	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.3	1.1	1.0	1.1	4.4	4.3	3.6	1.3	1.2	10.0
Italy	1.2	1.0	1.0	1.0	2.6	3.9	4.7	5.0	6.1	5.4	5.0	6.5	7.4	6.5	10.0
Cyprus	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	2.0	2.0	0.0	0.0	1.1	2.7	2.5	2.7	2.6	10.0
Latvia	2.1	2.4	2.2	1.7	1.7	1.9	4.0	4.1	4.0	4.0	4.1	3.9	2.8	2.5	10.0
Lithuania	0.4	0.6	1.9	3.8	4.3	4.5	3.8	3.8	4.9	4.8	4.3	4.6	3.6	3.7	10.0
Luxembourg	0.1	0.1	0.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.3	2.8	4.0	5.5	6.7	5.9	6.4	10.0
Hungary	0.9	0.9	1.1	1.5	5.1	5.8	6.1	6.1	5.9	6.2	6.9	7.1	7.6	6.8	10.0
Malta	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.2	3.5	4.6	4.7	5.5	6.9	10.0
Netherlands	0.5	0.4	0.8	3.1	2.9	4.5	3.3	5.0	5.2	5.3	6.5	5.4	4.9	5.9	10.0
Austria	4.5	5.1	7.5	8.2	9.5	11.1	10.7	10.0	10.0	9.8	11.0	11.4	10.6	9.7	10.0
Poland	1.4	1.6	1.6	1.6	3.5	5.3	6.6	6.8	6.5	6.5	6.2	5.6	3.9	4.2	10.0
Portugal	0.4	0.5	1.6	2.4	2.5	3.9	5.5	0.7	0.8	0.9	3.7	7.4	7.7	7.9	10.0
Romania	1.6	1.6	1.4	2.4	3.5	4.5	3.4	2.9	4.9	5.4	4.7	5.5	6.2	6.6	10.0
Slovenia	0.9	0.8	1.1	1.5	1.8	2.3	3.1	2.5	3.3	3.8	2.9	2.2	1.6	2.7	10.0
Slovakia	1.5	1.6	3.5	4.0	4.3	5.3	5.3	5.5	5.4	6.0	7.6	8.5	7.7	7.0	10.0
Finland	1.0	0.9	1.0	1.0	2.9	4.6	4.4	1.0	1.1	10.7	24.7	24.8	9.0	18.8	10.0
Sweden	6.3	6.2	7.1	8.0	8.3	8.9	9.2	11.8	15.2	20.0	21.9	25.1	33.8	38.6	10.0
United Kingdom	0.3	0.5	0.7	1.1	2.3	2.9	3.3	3.2	1.6	1.8	1.9	4.5	5.0	5.1	10.0

Tabla 3.1.1.1.2.1 Consumo de energía en el transporte: % de energías procedente de fuentes renovables / Eurostat [4].



El transporte marítimo está excluido de esta cuota, pero según datos oficiales del Gobierno de España, referidas al total del Estado español en el año 2016, el tráfico marítimo internacional representa el 40 % de las emisiones a la atmósfera de los NO<sub>x</sub>, el 44 % de las de SO<sub>x</sub> y el 22 % de las de partículas finas (PM<sub>2,5</sub>), por lo que el conflicto medioambiental que genera no es menor.

Las emisiones de contaminantes del aire de los buques están reguladas por la OMI a través del Anexo VI del Convenio MARPOL, el cual fue adoptado por primera vez en 1997 y entró en vigor el 19 de mayo de 2005.

Se calcula que un 30 % de todo el tráfico marítimo internacional se dirige a puertos del Mediterráneo o pasa por sus aguas con destino a otros lugares. Dado que este mar representa sólo el 0,8% de la superficie oceánica mundial, es obvio que la densidad de este tráfico en el Mediterráneo es extremadamente alta (especialmente en su parte más occidental).

En la Conferencia de París sobre el Clima (COP21), celebrada en diciembre de 2015, 195 países firmaron el primer acuerdo vinculante mundial sobre el clima. En este sentido, la evolución de la Directiva Europea 2009/28/CE y los acuerdos tomados en la Conferencia de París conducen a la formalización de una nueva directiva: Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018, que establece un marco común para el fomento de la energía procedente de fuentes renovables. Fija un objetivo vinculante para la Unión en relación con la cuota general de energía procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía de la Unión en 2030 [\[5\]](#).

Por lo que ahora los retos a corto plazo, 2030, y largo plazo, 2050, son:

- ✓ Red eléctrica que abastezca un transporte más renovable, interconexiones, estructuras de almacenamiento
- ✓ Instalación de potencia renovable que amortigüe la caída del uso de combustible fósil, y posibilite la descarbonización. Entre las centrales



térmicas que han cerrado durante 2019 y las que cerrarán en 2020 (unas 13 centrales), se generaban unos 11 GW.

- ✓ Reducir consumo eléctrico en industrias, ciudades, hogares,...

Por todo ello, es lógico pensar que en un plazo relativamente corto, se instalarán nuevos parques o fábricas de energía renovable ubicados en las zonas más óptimas según las necesidades de los mismos.

### 3.1.1.2 Objetivo 2030

El Gobierno de España publicó en febrero del 2019 su borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC 2021-2030) que identifica los objetivos planteados para la necesaria transición energética y conseguir una economía prácticamente descarbonizada en 2050. Tal y como se puede ver en la Tabla 3.1.1.2.1.

Red eléctrica española también establece su plan estratégico 2018-2022 acorde a este Plan Nacional.

Objetivos 2030/Comisión europea	PNIEC 2021-2030
40% de reducción de emisiones GEI (desde 1990)	21% de reducción de emisiones GEI
32% de energías renovables	42% de energías renovables
32,5% mejora de la eficacia energética	39,6% mejora de la eficacia energética

*Tabla 3.1.1.2.1. Comparativa objetivos 2030.*

### 3.1.2 Prototipos existentes

A nivel mundial, existen diversos modelos de artefactos que transforman la energía undimotriz en energía eléctrica útil, la mayoría desarrollados por las empresas energéticas. Aunque también han llegado al mercado otros prototipos más modestos financiados por el Ministerio de ciencia e innovación.



En España el sistema por excelencia a desarrollar ha sido la boya, aunque la primera central undimotriz en hacerse una realidad ha sido mediante tecnología OWC en el puerto de Motrico (País Vasco).

En la actualidad hay unos 10 proveedores gallegos vinculados con proyectos y promoción de la energía Undimotriz.

La energía oceánica, está por explotar, y ya existen en el mercado diversos prototipos, estos se pueden clasificar de diferentes maneras, tal y como se aprecia en la Tabla 3.1.2.1.

Clasificación dispositivos E. Undimotriz			
Ubicación	Orientación	Principio de captación	Mecanismo de extracción de potencia (PTO)
Onshore	Absorbedor puntual	Columna de agua oscilante (OWC)	Turbina de aire
Nearshore	Atenuador	Efecto Arquímedes	Hidráulico
Offshore	Terminador	Cuerpo boyante con movimiento relativo	Generador lineal
		Rebosamiento	Mecánico
		Impacto	Turbina de agua

*Tabla 3.1.2.1 Clasificación de dispositivos de conversión undimotriz.*

### 3.1.2.1 Prototipos EEUU

#### 3.1.2.1.1 Sistema PowerBuoy

Creado por Ocean Power Technologies, es un absorbedor puntual, por tanto, tiene una dimensión horizontal pequeña en comparación con la dimensión vertical y utiliza el aumento y la caída de la altura de la ola en un solo punto para la conversión de energía de las olas.

La boya es de 150 kW con un diámetro de 11 m y una altura de 44 m, con aproximadamente 10 m de la unidad que se eleva sobre la superficie del océano,



para profundidades de 60 m y con un sistema de amarre de tres puntos. La compañía tiene un prototipo a menor escala, el PB3, dispositivo diseñado como fuente de alimentación ininterrumpida, para instalarse hasta a 3 km en alta mar en aguas de más de 20 m de profundidad, capta, almacena y transfiere energía a las cargas útiles de los buques o equipos dispuestos en el fondo del mar, toma mediciones, ...

Se planteó la instalación de un parque de boyas de este tipo en las costas de Cantabria, pero este proyecto finalmente se abandonó durante la crisis del 2008 [6].



Figura 3.1.2.1.1.1. PB3.

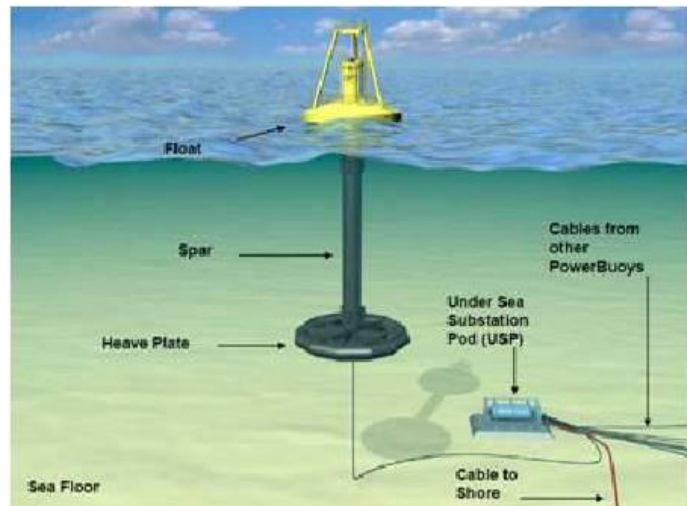


Figura 3.1.2.1.1.2. Power Buoy.

### 3.1.2.2 Prototipos Reino Unido

#### 3.1.2.2.1 Dispositivos Oyster

La compañía “Aquamarine Power” (Edimburgo) llegó a instalar 2 prototipos antes de su cese en 2015, véase la Figura 3.1.2.2.1.1. En 2011 instaló su segundo dispositivo (26 x 16 m) Nearshore para ubicar en fondo marino a < 1 km de distancia de la costa y 10-20 m de profundidad. Consiste en una bomba de gran tamaño que proporciona la fuente de energía para una instalación convencional de producción en tierra de energía hidroeléctrica [7].

Otra compañía “Wave Roller” (Finlandia) tiene un prototipo similar, ya aprobado por el Lloyds Register desde 2019. Con una potencia de entre 350 kW y 1000 kW e ideado para una profundidad de entre 8-20 m. Esta compañía tiene un proyecto en Portugal (Peniche) ya en fase de solución de licencia y permisos. En 2008 se instaló en Portugal el primer prototipo [8], véase la Figura 3.1.2.2.1.2.



Figura 3.1.2.2.1.1. Oyster.



Figura 3.1.2.2.1.2. Wave Roller.

### 3.1.2.2.2 Dispositivo OWC

Basado en el funcionamiento de turbina Wells y situado en la línea de costa, ha sido el dispositivo instalado en 2011 en Motriko (País vasco / España). La primera planta piloto se instaló la isla escocesa de Limpet en 1990. Se desinstaló en 1999.

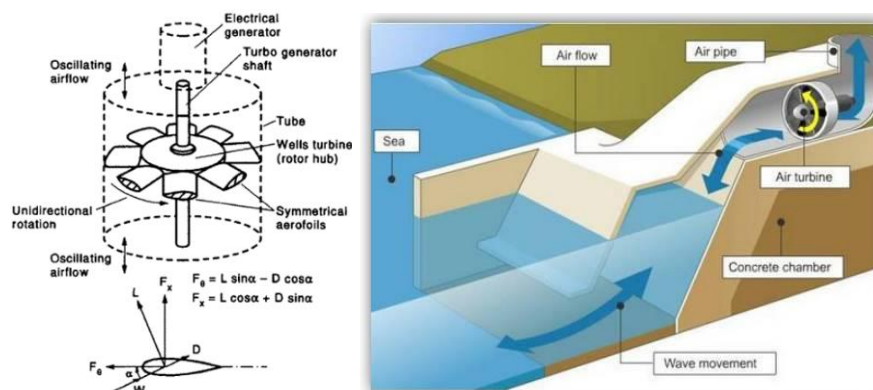


Figura 3.1.2.2.2.1. Esquema de funcionamiento de una turbina Wells “Ocean Wave Energy Weebly” y de un sistema OWC básico “Agencia Sinc”.



### 3.1.2.2.3 Dispositivo AWS (Arquimedes wave Swing)

Inventado por Fred Gardner (Teamwork Technology) en 1994. Dispositivo totalmente sumergido y anclado en el fondo del mar que usa la variación periódica de presión que produce una ola bajo la superficie del mar. La compañía AWS tiene diferentes dispositivos basados en este principio. Existe una planta piloto en Portugal desde 2004. Las nuevas versiones pueden instalarse en profundidades de  $\geq 25$  m (Escalas de entre 25 kW-250 kW). También investigan un sistema de amarre activo inteligente o 'IAMS', ver como aumenta la extensión del amarre a medida que aumenta la tensión en la Figura 3.1.2.2.3.3. Este sistema es un componente de amarre diseñado para aliviar las cargas máximas en los componentes de amarre y las estructuras amarradas al proporcionar una característica de resorte seleccionable. En condiciones de funcionamiento normales, la correa será "rígida" con una característica similar a una cuerda de polímero, pero en condiciones de tormenta, la correa se puede configurar para proporcionar una extensión de hasta el 30% con una curva de rigidez diseñada para minimizar la carga estructural [9].



Figura 3.1.2.2.3.1 Sistema AWS.

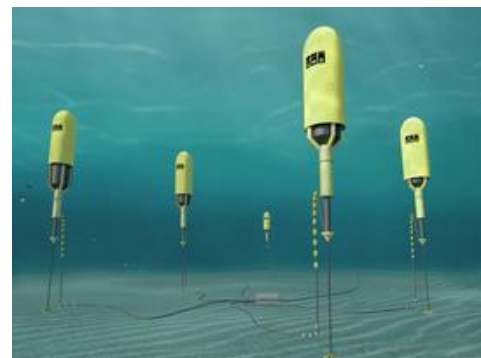
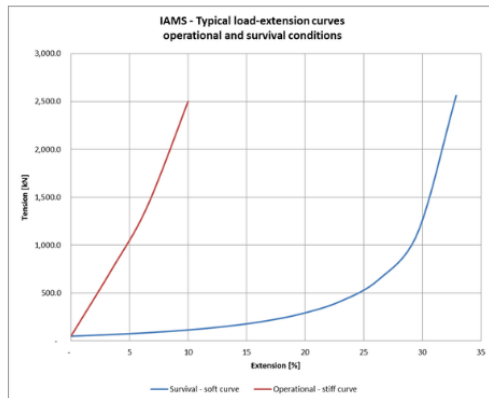


Figura 3.1.2.2.3.2 Sistema Arquimedes Waveswing.



*Figura 3.1.2.2.3.3 Sistema amarre IAMS.*

### 3.1.2.2.4 Dispositivo Pelamis

“Pelamis Wave Power” (Edimburgo) probó en 2004 su primer prototipo P1, el primer convertidor de energía de olas en alta mar del mundo (120 m de largo / 3,5 m de diámetro / 750 Tn / 50-60 m de profundidad). Este tipo de dispositivo aprovecha el movimiento relativo entre sus partes articuladas. En 2009 se puso en marcha una planta comercial (Okeanos) de 2,25 MW a 5 km de la costa de Agucadoura en Portugal (3 dispositivos), a los 4 meses los dispositivos volvieron a tierra por problemas técnicos.

Pelamis cesó su actividad en 2014 y “Wave Energy Scotland” organismo del gobierno escocés, posee ahora sus activos.



*Figura 3.1.2.2.4.1. Dispositivo Pelamis.*



### 3.1.2.3 Prototipos de Noruega

#### 3.1.2.3.1 Sistema FO3

Se trata de una plataforma flotante ligera y estable de fibra de vidrio reforzado que monta un número variable de boyas. La extracción de energía se realiza mediante cilindros y motores hidráulicos. Ver prototipo en Figura 3.1.2.3.1.1. [\[10\]](#).

Plataforma de 21 boyas

Potencia: 1,5 – 2,5 MW

Dimensiones: 33 x 33 x 25 m (calado = 12 m)

Peso: 315 T

Profundidad > 40-50 m



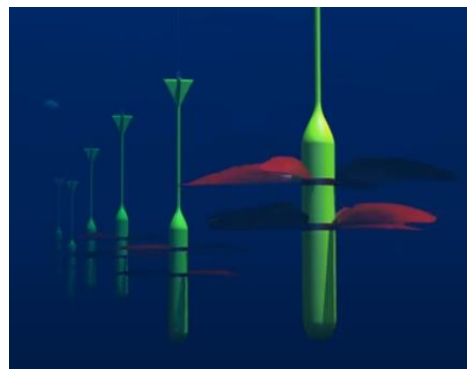
*Figura 3.1.2.3.1.1. Prototipo “Buldra” de FO3.*

Tras probar el modelo a escalas e concluyó que la energía producida era menor a la prevista y que el costo era demasiado elevado, por lo que finalmente este proyecto se canceló y se creó otro prototipo, una plataforma flotante de forma toroidal parecido a un flotador que lleva repartido 3 puntos de absorción de energía. Hoy en día la evaluación de este prototipo está ralentizado.



### 3.1.2.3.2 Wavecós Wave Power

Los dispositivos “Wavecós Wave Power” se basan en la invención de la turbina de 2014 por Inge Bakke, el fundador de Wavecó. La turbina Subwave, llamada así porque funcionará de manera segura en el área tranquila debajo de la zona de olas, es un molino de agua de doble ala y contrarrotatorio, que cuelga unos 100 metros debajo de una boya que flota en la superficie. Cuando la boya se ve afectada por las olas del océano, la turbina se elevará alternativamente y se hundirá, lo que obligará a las palas de la turbina a aplicar torque en los rotores y generar electricidad [\[11\]](#).



*Figura 3.1.2.3.2.1 Dispositivo WWP.*

### 3.1.2.3.3 Solución Seabase

Esta tecnología absorbe la potencia de las olas mediante convertidores de energía de olas (WEC), ver Figura 3.1.2.3.3.1., boyas en la superficie conectadas con generadores lineales instalados en el fondo marino. Las boyas siguen el movimiento de las olas y éste genera energía eléctrica. El 09/05/2019 anuncian la firma de un contrato de una planta de 100 MW en Ghana, y está negociando otros en Sri Lanka, Caribe y Canarias [\[12\]](#).

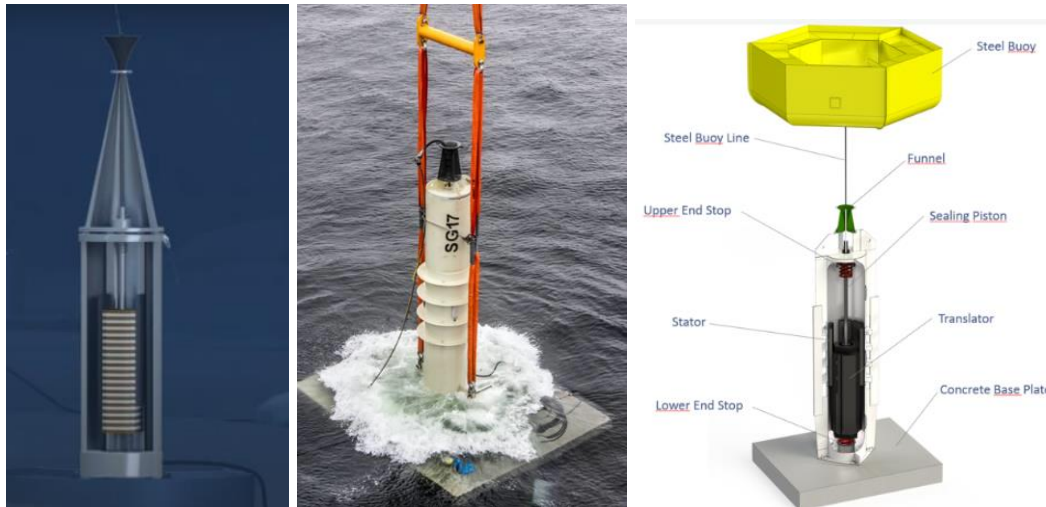


Figura 3.1.2.3.3.1 Tecnología WEC.

### 3.1.2.4 Prototipos Dinamarca

#### 3.1.2.4.1 Dispositivo Wave Dragon

Este proyecto europeo, con socios de 6 países europeos, desarrolló un prototipo a escala 1:4.5, instalado en 2003. El dispositivo de 237 Tn, 126 m de largo, anclado al fondo, e ideado para aguas profundas (>40 m), concentra el oleaje hacia un desagüe con turbinas Kaplan de baja presión, tal y como muestra la Figura 3.1.2.4.1.1. Los investigadores validaron la solidez del diseño y se centraron en las mejoras, llegando al diseño de un Wave Dragon sobre una barcaza.

Wave Dragon ha formado una empresa de desarrollo de proyectos en cooperación con un grupo de inversores portugueses, TecDragon. El proyecto será una parque undimotriz de aproximadamente 50 MW. También está preparando un prototipo de 7MW para Gales. Aunque a día de hoy estos proyectos están atrasados [\[13\]](#).



*Figura 3.1.2.4.1.1. Prototipo Wave Dragon.*



*Figura 3.1.2.4.1.2. Prototipo Wave Plane.*

Una evolución de este dispositivo es el inventado por Erik Skaarup, director del grupo WPP que en 2010 puso en prueba el primer dispositivo Wave plane, de la Figura 3.1.2.4.1.2.

#### 3.1.2.4.2 Dispositivo Wave Star

El concepto fue desarrollado por Niels y Keld Hansen en el 2000. Wave Star Energy en 2003 adquirieron los derechos de este dispositivo, para aplicar en parques eólicos Offshore. Este dispositivo de 1MW está disponible en el mercado desde 2017. Siguen trabajando para duplicar su tamaño, para que pueda alcanzar 6 MW. Este dispositivo está operativo en algunos puntos del mar de Norte y en los Fiordos Daneses desde 2006 [[14](#)].



*Figura 3.1.2.4.2.1. Dispositivo Wave Star. Escala 1/2 2009*



*Figura 3.1.2.4.2.2. Otros tipos de soluciones Wave Star*

#### 3.1.2.4.3 Dispositivo Weptos o Wave Energy Converter





Dispositivo de Weptos A/S (Tommy Larsen). Construido por rotores asimétricos, que se mueven independientemente, unidos a un único eje unido a su vez a un generador que gira entre 20 y 40 RPM. Como muestra la Figura 3.1.2.4.3.1., su estructura es flexible y cambia según el oleaje, adaptando el ángulo de su estructura a las condiciones cambiantes de las olas, optimizando la potencia del generador. En la actualidad trabajan en una solución de 1MW y en la búsqueda de socios e inversores [\[15\]](#).



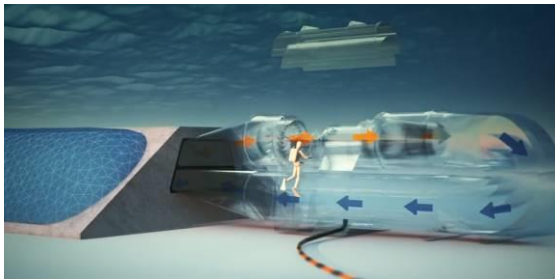
*Figura 3.1.2.4.3.1. Dispositivo WEPTOS.*

### 3.1.2.5 Prototipos Australia

Encontramos los proyectos más actuales en la página gubernamental de Australia de la Agencia de Energía Renovable [\[16\]](#). Entre estos prototipos:

#### 3.1.2.5.1 MWaves

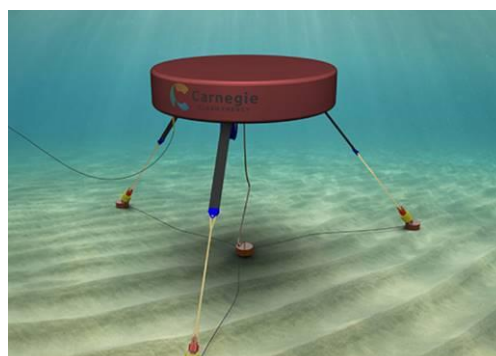
Dispositivo de la empresa Bombora Wave, para instalar a 10 m de profundidad. El primer demostrador “Pembrokeshire” de 1 MW se instalará en Gales en 2021. Presenta una serie de membranas de goma infladas con aire montadas en una estructura en el fondo del mar, todas dispuestas en ángulo con respecto a las olas entrantes. A medida que las olas pasan sobre el aire dentro de las membranas, éste se comprime en un conducto haciendo mover una turbina, y ésta un generador. Uno de los proyectos actuales se ubicará en Lanzarote (España) (3 MW) en 2022.



*Figura 3.1.2.5.1.1. Dispositivo mWaves.*

### 3.1.2.5.2 CETO 6

Este proyecto ha sido financiado por el gobierno australiano, iniciado en Junio 2014 y llevado a cabo por la empresa “Carnegie Clean Energy Ltd”, es una evolución de prototipos previos. Este prototipo de 1,5 MW que muestra la Figura 3.1.2.5.2.1., y ya conectado en Albany (Australia Occidental), consta de una manguera elástica entre flotador y anclaje. Cuando se estrecha proporciona presión al agua que alimenta un sistema turbina-generador ubicado dentro de la boya. En octubre de 2019, la compañía pasaba por problemas financieros, pero consiguieron sobreponerse a través de un plan de recapitalización. La compañía llevará a cabo pruebas de tanque en las costas de Cantabria en 2020 (Programa Marinet 2) [\[17\]](#).



*Figura 3.1.2.5.2.1. Prototipo CETO 6.*

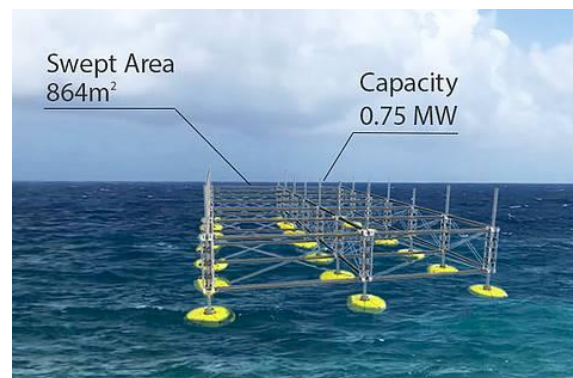
### 3.1.2.6 Prototipos Alemania

#### 3.1.2.6.1 Módulos WEC

La empresa SINN Power ha diseñado un prototipo para instalar en diferentes versiones. Plataformas híbridas de energía eólica, solar y undimotriz, para zonas nearshore y offshore, para olas moderadas o fuertes,... Hasta ahora las pruebas determinan que estas estructuras offshore soportan olas de hasta 6 m.

En estos momentos el objetivo es probar la interconexión eléctrica de varios generadores en módulos de energía de onda SINN y traducir el movimiento oscilante irregular de las ondas en corriente eléctrica compatible con la red.

Los prototipos instalados en Grecia, ver Figura 3.1.2.6.1.1., son, 1 aerogenerador de 3 kW, y boya SP WEC de 4<sup>o</sup> generación (D=3 m) de 36 kW. Está previsto probar una matriz flotante en 2021.



*Figura 3.1.2.6.1.1. Rompeolas de Iraklio, Grecia 2019 y proyecto matriz flotante de 0,75 MW para 2021 [18].*

### 3.1.2.7 Prototipos España

Son varios los prototipos de energía undimotriz ideados en territorio español, pero pocos que continúen en vigor tras el freno de la crisis del 2008. En estos momentos el sector energético está más centrado en los parques eólicos Offshore en costas españolas, ya que es un sector ya desarrollado tecnológicamente y que



puede dar beneficios más a medio plazo que el de energía undimotriz, que todavía se está desarrollando. Existen diseños ya en fase de comercialización como:

#### 3.1.2.7.1 Oceantec

El proyecto de “Oceantec Energías Renovables”, integrado en la empresa “IDOM”, y desarrollado entre “EVE” y “Tecnalia”, es el primer prototipo español conectado a la red. El convertidor de baja potencia, 30 kW, denominado MARMOK-A-5, de 5 m de diámetro, 42 m de alto y 80 Tn, está basado en un concepto de columna de agua oscilante y fue instalado en la plataforma BIMEP. A finales de 2019 estaba previsto el análisis de los datos obtenidos de este prototipo durante 1 año. Esto se frenó en 2020 por la crisis del COVID19. En particular, el dispositivo previsto tras la fase de experimentación del prototipo será de 300 kW.

Finalmente, en 2021, Oceantec tiene previsto instalar su primer parque experimental de generación de energía de las olas.



*Figura 3.1.2.7.1.1. Prototipo OCEANTEC [19].*

### 3.1.2.8 Estudio de la tecnología más adecuada

A fecha de hoy no es posible predecir cuál de estas tecnologías tendrá mayor éxito, pero sí parece que los absorbedores puntuales, basados en PTO hidráulico y para parques offshore (>50 m) en aguas profundas tienen cierta ventaja, ya que a medida que aumenta la profundidad, la densidad energética aumenta. Como se puede ver en el Gráfico 3.1.2.8.1., el absorbedor es el tipo de prototipo más investigado., de esta manera, un rango estándar de altura de ola rentable para estos sistemas podría situarse entre 1 m y 5 m.

Al mismo tiempo que aumenta la profundidad, aumenta también la inversión económica necesaria, ya que, la accesibilidad es menor, la supervivencia está más comprometida y el transporte de energía es más complicado. Aparecen problemas de instalación, de mantenimiento, de anclaje, de interferencia con el tráfico marítimo, etc...

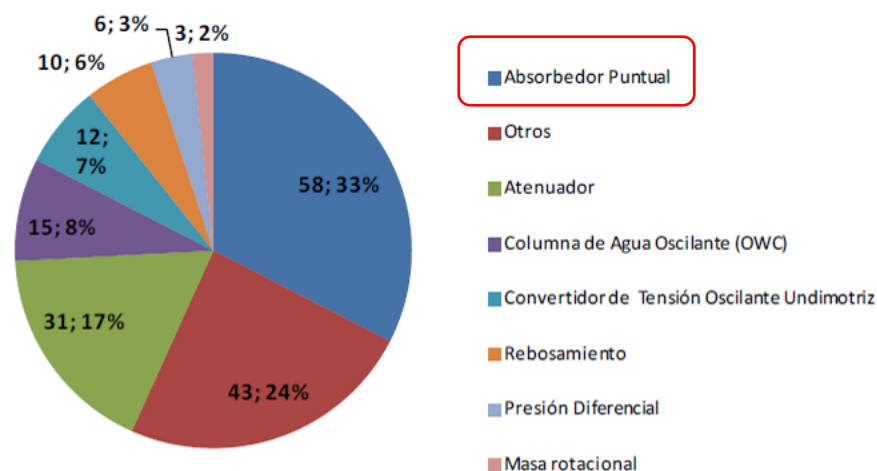


Gráfico 3.1.2.8.1. Dispositivos creados de generación de energía undimotriz [20].

Una de las principales desventajas de la energía de las olas, como ocurre con el viento del que se origina, es su variabilidad (en gran medida aleatoria) en varias escalas de tiempo entre ola y ola (Período: T), con estado del mar cambiante (aunque existen patrones de variación estacional reconocidos). La irregularidad en la amplitud, y en la dirección de la ola reduce el rendimiento del dispositivo en todo el intervalo de onda.



Los primeros desarrollos teóricos abordaron la extracción de energía de ondas regulares (sinusoidales) con una toma de fuerza lineal.

Se requieren grandes cantidades de dispositivos en matrices para que la energía de las olas proporcione una contribución significativa a las grandes redes eléctricas. Particularmente relevante es el proceso hidrodinámico de absorción de energía de las olas. Los primeros estudios teóricos sobre convertidores de cuerpo oscilante y OWC revelaron que, si el dispositivo es un absorbente eficiente, su propia frecuencia de oscilación debe coincidir con la frecuencia de las ondas entrantes, es decir, debe funcionar en condiciones de resonancia cercana. La cantidad de energía de onda absorbida se puede aumentar significativamente controlando adecuadamente la toma de fuerza para lograr una resonancia cercana. El control de fase (incluido el control de retención) en ondas reales aleatorias es un problema teórico y práctico difícil que los investigadores están optimizando con la obtención de datos en prototipos [\[21\]](#).

La elección del dispositivo y PTO debe ser variable, ya que en puntos cercanos a la costa, las oscilaciones varían de forma constante.

### 3.1.2.9 Mantenimiento

Se estima que los costos anuales de operación y mantenimiento de los dispositivos de energía oceánica pueden llegar a alcanzar de 3,4 a 5,8% del gasto de capital en comparación con el 2,3 a 3,7% para la energía eólica marina.

Una forma de reducir esos costes es estandarizar los equipos y procedimientos mediante la cooperación en los campos de la investigación e industria. Los costos de instalación y de obras civiles auxiliares son responsables de una alta parte de los costos de inversión en el caso offshore, ver Figura 3.1.2.9.1.

El mantenimiento de tendido eléctrico submarino es más costoso que el terrestre por lo que evidentemente el objetivo es buscar la ubicación más cercana a la costa (< m cable submarino) con mayor profundidad y que repercuta lo menos posible en el medio marino protegido.

El amarre de dispositivos flotantes con anclajes de arrastre parece ser una solución muy económica, mientras que en algunos casos las características del fondo marino demandarán otros tipos de amarres más caros, como los amarres apilados con pine. Existen ya modos de anclaje más sostenibles con el medio ambiente, cuya instalación sea rápida y menos ruidosa. Y otros, como el proyecto “Fahemar”, que dispone de una cámara flotante que es inundable en caso de condiciones climatológicas adversas, protegiendo el sistema en el fondo marino.

La inaccesibilidad de los dispositivos de energía oceánica para el mantenimiento y la reparación puede requerir otras estrategias de mantenimiento, como el mantenimiento en tierra, para garantizar la viabilidad económica de los proyectos [22]. Cabe destacar que las investigaciones sobre durabilidad de materiales y sistemas de amarre, realizadas para tecnología eólica offshore son aplicables a la undimotriz.

La industria eólica marina y undimotriz comparten el mismo ambiente marino hostil y se enfrentan a muchas barreras administrativas y tecnológicas comunes. La unión de ambas dará lugar a una explotación sostenible de los recursos marinos, junto con una reducción de costes para ambas lo que proporciona el incentivo para combinar la explotación.

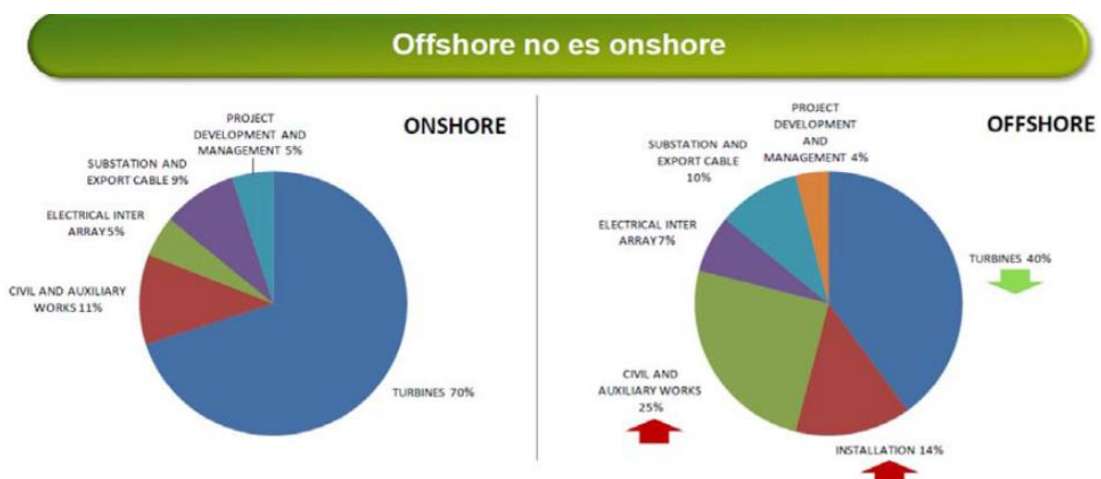


Figura 3.1.2.9.1. Comparación entre costes y competitividad Offshore vs Onshore.

[23].



Para este trabajo se busca un artefacto offshore que ocupe el menor espacio posible, lo menos alejado de la costa posible para reducir los gastos de mantenimiento y en profundidades de entre 50-100 m (mayor potencial).

Las plataformas petrolíferas marinas tienen sistemas de anclaje diseñados para oponer la mínima resistencia al oleaje. En el caso de un parque undimotriz es todo lo contrario, el anclaje de los dispositivos debe ser diseñado para una máxima resistencia al oleaje, por lo que puede llegar a suponer la mitad del presupuesto

Algunos dispositivos permiten el uso de generadores sincrónicos, que participarían en el control de la potencia reactiva de la red.

También es interesante destacar que se están investigando sistemas que evite la incrustación de vegetación marina, en la obra viva o una reducción de deterioro en la zona de transición entre obra viva y obra muerta, ya que el efecto corrosivo del ambiente marino es muy pronunciado:

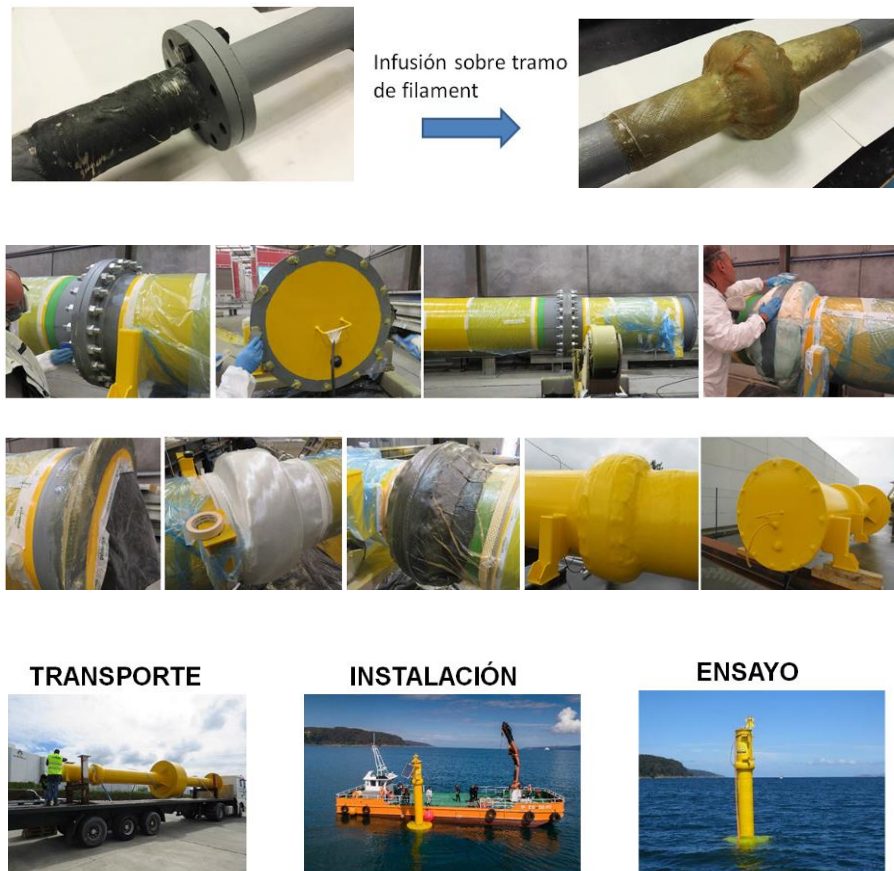
- ✓ El acero se oxida.
- ✓ El cobre se disuelve.
- ✓ El aluminio desaparece.

Los problemas más comunes que enfrentarán los dispositivos de energía oceánica son las incrustaciones biológicas (amarres, partes flotantes o sumergidas del dispositivo) y la corrosión.

En Galicia ya se investiga estructuras multimaterial para aplicaciones offshore, como por ejemplo el proyecto MIAMI, ver Figuras 3.1.2.9.2., dónde se diseña una pieza de transición multimaterial para un aerogenerador offshore, con solicitaciones severas de fatiga y durabilidad en ambiente marino.

Así, será posible alcanzar una reducción de costes derivados tanto de las operaciones de transporte e instalación, como de su mantenimiento y operación.





*Figuras 3.1.2.9.2. Demostrador “Miami” escala 1:5 [24].*

## 3.2 Tramitación administrativa

El proceso de tramitación de un parque eólico marino en la actualidad está regulado por el Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio, por el que se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial, válido para un parque undimotriz. De forma esquemática implica los siguientes pasos.

### 3.2.1 Solicitud de reserva de zona / Procedimiento de concurrencia

Tras la entrega de un resumen o memoria de proyecto, donde se establece la ubicación, superficie, estudios previos necesarios, anteproyecto y una estimación de la capacidad de acceso a la red (REE), se realiza la concurrencia mediante la presentación de una solicitud con la entrega de un 1er Aval (1% CAPEX), y la



oferta de la prima (€/kWh) con valor máximo según RD 661/2007 para instalaciones eólicas marinas.

### **3.2.2 Evaluación / Reserva de zona / Autorización Administrativa**

Se realiza una evaluación siguiendo diferentes criterios: Impacto económico, ambiental, social y seguridad de navegación; potencia máxima a instalar; oferta de prima.

En esta fase se realiza la entrega de un 2º Aval (1% CAPEX), y se registra en Reserva de zona (2 años + 1 de prórroga). Se recibe la concesión de ocupación de dominio público marítimo-terrestre y se entrega la evaluación de impacto ambiental para las actividades de investigación.

Tras este período se solicita la autorización de la instalación y la inclusión de esta en el régimen regulado (RD661/2007), y de Explotación; e inscripción en RAIPEE.

En la actualidad IDAE tiene contabilizados 28 proyectos que iniciaron la fase de tramitación, por una potencia de 7.300 MW. Sin embargo, este procedimiento administrativo en la práctica no ha permitido culminar ninguno de los proyectos presentados.

El RD 1028/2007 contiene otros aspectos importantes que imposibilitan su aplicación, por lo que es necesario corregir, ampliar y/o actualizar determinados aspectos del RD 1028/2007 que imposibilitan su aplicación y han quedado obsoletos, bien por cambios posteriores en la regulación, mejoras tecnológicas o bien para su adaptación a buenas prácticas de otros países (subastas competitivas).

El “Estudio Estratégico Ambiental del Litoral Español (EEALE) para la Instalación de parques eólicos marinos”, aprobado por la Resolución conjunta del 16 de abril de 2009 de la secretaría General de Energía y de la Secretaría General del Mar, sigue vigente. En este estudio se establece una clasificación de las áreas marinas en zonas aptas, con condicionantes y zonas de exclusión, desde un punto de



vista estrictamente medioambiental para la instalación de parques eólicos offshore.

Este estudio debería actualizarse, dado que desde su aprobación en 2009 se han producido notables avances en la industria eólica marina, tanto en tecnología como en procedimientos de instalación y medidas de mitigación, que permiten reducir significativamente el impacto ambiental de los parques eólicos marinos. Además, a fecha de redacción del estudio aún no estaba desarrollada la tecnología flotante, de menor afección a los fondos marinos, y con una reducción de los tiempos de montaje. La incorporación al estudio de estos nuevos factores, contrastados por la experiencia de más de 23 GW de instalaciones de eólica marina a nivel mundial, permitirá abrir nuevas áreas marinas al desarrollo energético offshore en el litoral español [\[25\]](#).

### 3.3 Análisis ubicaciones

#### 3.3.1 Antecedentes

Este trabajo se documenta en el informe “Evolución del Potencial de la Energía de las Olas. Estudio Técnico PER 2011-2020. IDEA. (2011)”. Un informe ya realizado por IDEA, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, entidad pública empresarial adscrita al Ministerio para la Transición Ecológica a través de la Secretaría de Estado de Energía.

Las boyas de medición por las que se han obtenido los datos del oleaje que aparece en este trabajo y que se sitúan en la Figura 3.3.1.1. son:

1. Boya de Estaca de Bares. Lat 44,14° N, Lon 7,67° O. Fondeo: 380 m
2. Boya de la Coruña. Lat 43,4° N, Lon 8,38° O. Fondeo: 50 m.
3. Boya de Langosteira. Lat 43,3° N, Lon 8,5° O. Fondeo: 40 m.
4. Boya de Villano-Sisargas. Lat 43,5° N, Lon 9,22° O. Fondeo: 390 m.



Figura 3.3.1.1. Localización boyas de medida. Elaboración propia.

Se consultan estos datos en la página de puertos del Estado, donde se pueden ver predicciones de oleaje, viento y corrientes mediante los datos obtenidos por las boyas estacionarias arriba mencionadas y una malla de puntos modelo como los de las Figuras 3.3.1.2. De aquí se obtiene los datos históricos en las diferentes ubicaciones estudiadas.



Figuras 3.3.1.2. Base de datos de Puertos del Estado [26].



Para materializar un proyecto de este tipo, juega un papel imprescindible la evaluación de la ubicación de dicho parque, ya que, una vez que se ha confirmado la rentabilidad de un sistema mediante un prototipo experimental, es preciso delimitar el campo de actuación teniendo en cuenta:

- ✓ Las rutas de tráfico marítimo.
- ✓ El tipo de suelo marino y profundidad. El suelo más adecuado es el de arena y la profundidad debe rondar entre los 50 y 100 m (offshore).
- ✓ Zonas de marisqueo y pesca.
- ✓ Actividades de acuicultura.
- ✓ Espacios naturales protegidos, Red Natura (LIC+ZEPPA).
- ✓ Impacto paisajístico y medioambiental.
- ✓ Proximidad a un núcleo urbano o portuario al que abastecer.
- ✓ Distribución del cableado de media tensión terrestre y posibilidad de instalación de cableado submarino.
- ✓ Cercanía a una subestación elevadora que enlace a la red de transporte eléctrica.
- ✓ Dirección del oleaje con mayor potencial.

Para esta evaluación se emplea en este trabajo las bases de datos existentes en la red de libre acceso:

- ✓ <http://www.puertos.es/>
- ✓ [earth.google.es](http://earth.google.es)
- ✓ <http://www.ree.es/es/actividades/gestor-de-la-red-y-transportista/mapas-de-la-red>
- ✓ <http://natura2000.eea.europa.eu/#>
- ✓ <https://sig.mapama.gob.es/geoportal/>
- ✓ <https://www.vesselfinder.com/es>

Para analizar la batimetría empleamos cartas náuticas del programa:

- ✓ Open CPN 2.5.0

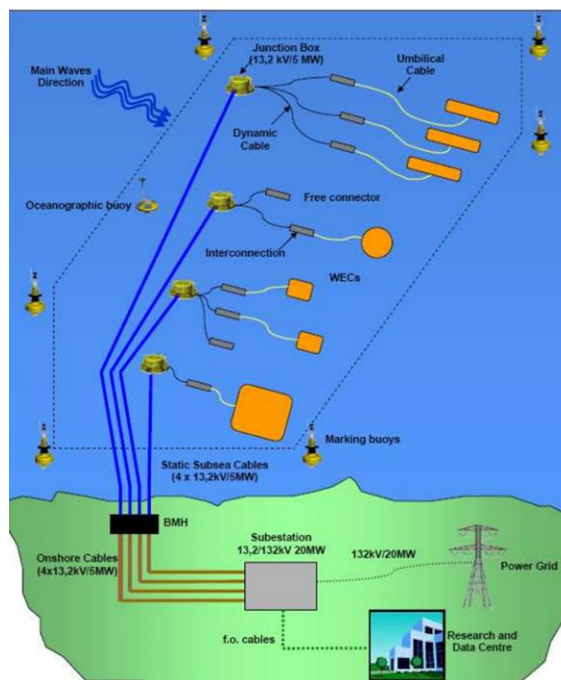
### 3.3.2 Limitaciones

#### 3.3.2.1 Distribución de redes eléctricas

Una vez convertida la energía undimotriz en electricidad, al ser una fuente tan irregular, inyectarla a la red y transportarla desde el parque a la subestación adecuando valores de tensión y frecuencia es una tarea compleja. Existen modelos de distribución e interconexión entre boyas, como el de la figura 3.3.2.1.1. Las velocidades variables de las olas captadas por las diferentes boyas, mediante generadores, filtros, y convertidores, se transforma en energía ya estabilizada que fluye a una línea principal como en la Figura 3.3.2.1.2.

Se puede realizar con corriente alterna mediante cable, entre parque y subestación en distancias < 35 km, pero para mayores distancias deberá ser continua a 150 kVA

Todas las distancias que manejamos en este TFM son < 35 km



Figuras 3.3.2.1.1. Ejemplo de esquemas de distribución de un parque undimotriz [27].

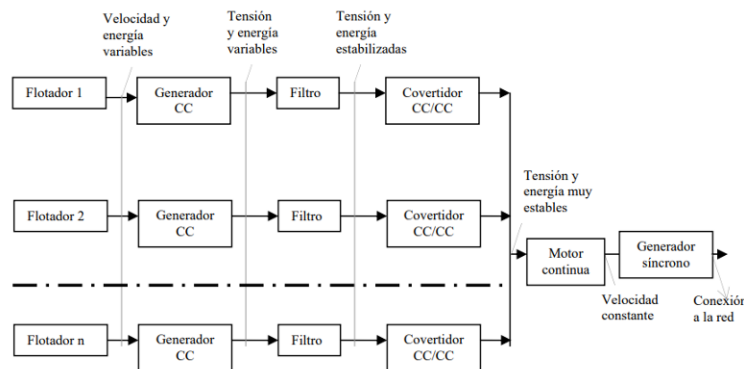


Figura 3.3.2.1.2. Ejemplo de un sistema genérico de aprovechamiento [28].

Las infraestructuras de transporte eléctrico en España son una serie de líneas y subestaciones en 380-400 kV (línea roja) y 220 kV (línea verde) que identificaríamos como las grandes “autopistas” en el transporte de energía. La red de transporte gallega se basa principalmente en dos líneas de alta tensión (LAT) de 400 kV como se puede ver en la Figura 3.3.2.1.3., que permiten la conexión con los sistemas de Castilla y León. La primera de ellas une la central térmica de As Pontes con la de Compostilla y con Montearenas. Se caracteriza por la calidad del servicio, avalada por la elevada disponibilidad de las instalaciones que la componen y de las reducidas interrupciones en el suministro. Por el sur discurre otra línea desde Cartelle, pasando por Trives, hasta Lomba. Las dos líneas están interconectadas mediante otras LAT de 400 kV, As Pontes-Mesón do VentoCartelle, que permite mantener las circulaciones de energía en el caso de problemas de una de ellas, además de abastecer a la demanda de zonas importantes de Galicia.

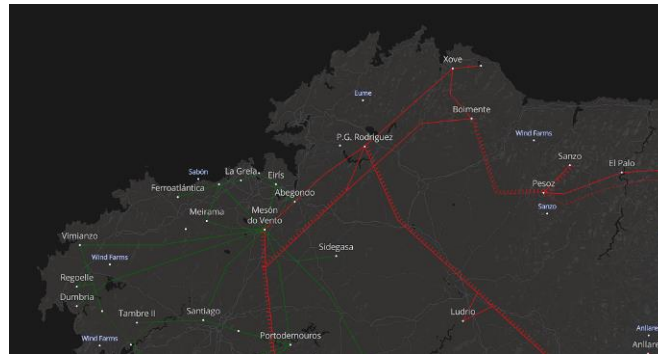


Figura 3.3.2.1.3. Líneas de transporte eléctrico en el norte de Galicia [29].

En la actualidad una de las conexiones con Asturias se realiza mediante la red de distribución de 132 kV (línea roja de la Figura 3.3.2.1.4.) lo que limita los intercambios de energía con esta comunidad. La red de 400 kV se completa con líneas de 220 y 132 kV.

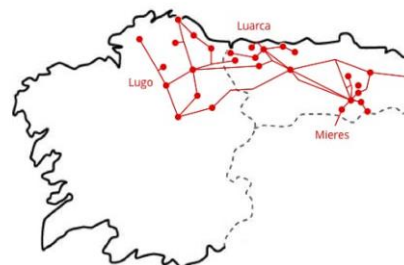


Figura 3.3.2.1.4. Línea eléctrica entre Asturias y Galicia [30].

Se considerarán como principales líneas de distribución de energía eléctrica aquellas con tensiones comprendidas entre 66 kV y 132 kV y sus correspondientes subestaciones. En la Figura 3.3.2.1.5., se muestra el mallado de la red actual de distribución en la Comunidad Autónoma de Galicia, representándose en azul las líneas de 132 kV y en amarillo las de 66 kV.



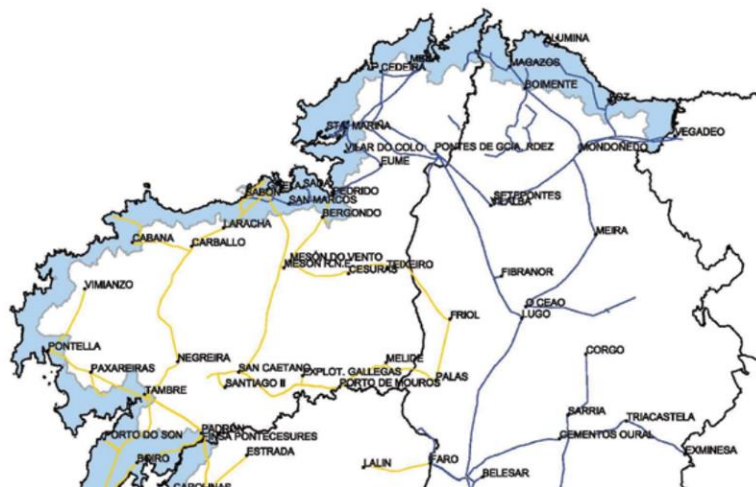


Figura 3.3.2.1.5. Mallado de la red eléctrica en Galicia [31].

Una vez generada la energía en el parque de energía undimotriz, es en las subestaciones elevadoras donde se modifican el nivel de tensión adaptándola a una red de transporte muy amplia hasta los denominados centros de transformación (aéreos o subterráneos) a partir de los cuales se abastece de electricidad en baja tensión a la mayor parte de los consumidores, ver Figura 3.3.2.1.6.

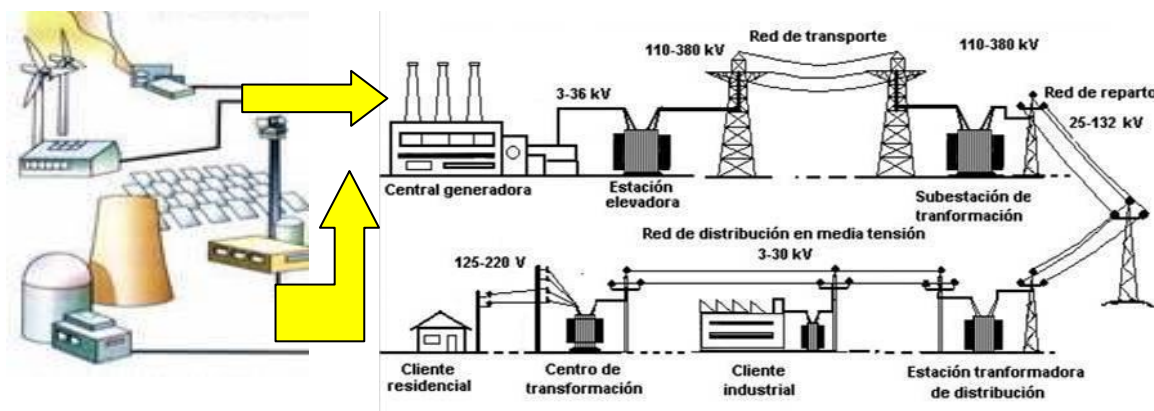


Figura 3.3.2.1.6. Traspaso de la electricidad generada hasta los hogares.

Red eléctrica tiene previsto reforzar las interconexiones europeas, lo que facilita la integración en el consumo de energías renovables. Existe un aumento porcentual



exigido por la Unión Europea de esta interconexión, lo que implica un compromiso real para alcanzar el objetivo.

Las superredes, redes supra-nacionales con gran capacidad de transporte a largas distancias, están en vías de desarrollo. Equilibrarán las fluctuaciones inherentes a las energías renovables.

Las dificultades a salvar en este campo es la diferencia de frecuencia entre el período de oleaje (0,1 Hz) y el de la red eléctrica (50 Hz). O la del generador que puede llegar a ir a 500 Hz.

Subestaciones:

- ✓ Subestacion Ribadeo (Folgosa)- 132 kV.
- ✓ Subestacion Barreiros -132 kV.
- ✓ Subestación Alumina – SanCiprián-380/400 kV.
- ✓ Subestación de Xove-380/400 kV.
- ✓ Subestacion de Magazos -132 kV.
- ✓ Subestación Boimente (Viveiro) -380/400 kV.
- ✓ Subesatción parque eólico Serra da Panda – 132 kV.
- ✓ Subestación parque eólico A Capelada 132 kV..
- ✓ Subestación Piñeiros (Narón) – 132 kV.
- ✓ Subestación Santa Mariña (Ferrol) – 132 kV.
- ✓ Subestación Sabón-Puerto exterior -132 kV.
- ✓ Subestación Sabón- 220 kV.
- ✓ Polígono Caballo -66 kV.
- ✓ Subestación de A Cabana – 66 kV.
- ✓ Subestación Pontela (Corcubión) – 66 kV.
- ✓ Línea de 66 kV en Muros (Polígono) procedente de parque eólico.

Galicia afronta el reto de tener que canalizar toda la nueva potencia renovable - que implicará, entre otros, triplicar la energía eólica instalada hasta el momento en la comunidad a través de las redes de transporte actualmente en uso. No



obstante, los principales actores implicados en este mercado coinciden al señalar que la comunidad está preparada para dar respuesta a estas necesidades, lanzando ambiciosas inversiones y propiciando la colaboración público-privada. Como por ejemplo, Naturgy que anuncia que más de la mitad de sus inversiones globales previstas para el territorio nacional se acometerán en Galicia [\[32\]](#).

### 3.3.2.2 Áreas de protección

A la hora de ejecutar un parque de boyas, será necesario realizar obras en la costa, pasar cable por zonas protegidas medioambientalmente tanto en costa como en la zona marítima donde se instalará el parque. En este sentido, se deben tener en cuenta diversas normativas y leyes.

Según la Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino, es necesario la autorización de cualquier actividad que requiera, bien la ejecución de obras o instalaciones en las aguas marinas, su lecho o su subsuelo, bien la colocación o depósito de materias sobre el fondo marino, así como los vertidos regulados en el título IV de la presente ley, por lo que se deberá contar con el informe favorable del “Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino”, respecto de la compatibilidad de la actividad o vertido con la estrategia marina correspondiente de conformidad con los criterios que se establezcan reglamentariamente.

El Gobierno podrá aprobar directrices comunes a todas las estrategias marinas con el fin de garantizar la coherencia de sus objetivos, en aspectos tales como:

- ✓ La Red de Áreas Marinas Protegidas de España.
- ✓ Los vertidos en el mar.
- ✓ Los aprovechamientos energéticos situados en el medio marino.
- ✓ La investigación marina y el acceso a los datos marinos.
- ✓ La evaluación y el seguimiento de la calidad ambiental del medio marino.
- ✓ La ordenación de las actividades que se llevan a cabo o pueden afectar al medio marino.
- ✓ La mitigación de los efectos y la adaptación al cambio climático.



Las directrices relativas al primer punto se aprobarán de conformidad con el procedimiento previsto en el artículo 28.d) de esta Ley.

Las directrices relativas al resto de puntos se aprobarán a propuesta del “Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino” previa consulta a las Comunidades Autónomas.

El “Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico” actúa como órgano responsable de la gestión de los espacios distribuidos en cinco demarcaciones en aguas marinas bajo soberanía o jurisdicción nacional, en los términos establecidos en el artículo 6 y 36.1 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre (Competencias de las Administraciones Públicas sobre biodiversidad marina), del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. La demarcación marina en este trabajo es la Sudatlántica.

Las demarcaciones marinas se identifican como las “unidades marinas” de ámbito nacional para la notificación a la Comisión Europea de acuerdo a la “Directiva Marco sobre la Estrategia Marina” (DMEM, Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino).

Se generan estrategias para preservar el patrimonio biológico, planes de recuperación, conservación o protección de las especies marinas y terrestres de nuestras costas.

Los hábitats de las especies en peligro de extinción serían las más restrictivas a la hora de solicitar la ejecución de un parque de boyas, pero el Ministerio está creando todavía un catálogo Español de Hábitat en peligro de desaparición (CEHPD).

Por ahora, en función de los bienes y valores a proteger, y de los objetivos de gestión a cumplir, los espacios naturales protegidos, ya sean terrestres o marinos, se clasificarán, al menos, en alguna de las siguientes categorías:



- ✓ Parques.
- ✓ Reservas Naturales. En las Reservas estará limitada la explotación de recursos, salvo en aquellos casos en que esta explotación sea compatible con la conservación de los valores que se pretenden proteger.
- ✓ Áreas Marinas Protegidas. Espacios naturales designados para la protección de ecosistemas, incluidas las áreas intermareal y submareal. “El Plan Director de la Red de Áreas Marinas Protegidas de España”, regulado en el artículo 29 de la Ley 41/2010, de 29 de diciembre, establecerá los criterios mínimos comunes de gestión aplicables a las áreas marinas protegidas incluidas en dicha Red.
- ✓ Monumentos Naturales. En los Monumentos Naturales estará limitada la explotación de recursos, salvo cuando esta explotación sea plenamente coherente con la conservación de los valores que se pretenden proteger.
- ✓ Paisajes Protegidos.

De este Ministerio depende también la Ley de costas:

Los usos que tengan especiales circunstancias de intensidad, peligrosidad o rentabilidad y los que requieran la ejecución de obras e instalaciones, sólo podrán ampararse en la existencia de reserva, adscripción, autorización y concesión, con sujeción a lo previsto en la “Ley 22/1988, de 28 de julio” (Ley de Costas), y en otras especiales, en su caso, sin que pueda invocarse derecho alguno en virtud de usucapión, cualquiera que sea el tiempo transcurrido (Artículo 31).

Posteriormente a esta ley establecen un RD que regula las condiciones de uso de la zona costera:

“Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre”, por el que se aprueba el “Reglamento General de Costas. TÍTULO III Utilización del dominio público marítimo-terrestre” / Artículo 60. Utilización del dominio público marítimo-terrestre”.



Las líneas de deslinde para el Dominio Público Marítimo Terrestre se pueden consultar en un visor del Ministerio [\[33\]](#).

### 3.3.2.2.1 Contaminación acústica

El ruido es uno de los mayores hándicaps medioambientales en la instalación de un parque e boyas. Éste afecta al medio submarino y a las aves. Esta evaluación debe ser incluida dentro de la evaluación medioambiental en el ensayo del prototipo si el parque se sitúa en zonas de protección de la Red Natura 2000.

La introducción de ruido submarino en cada demarcación marina debe situarse en niveles que no afecten de manera adversa al medio marino, en relación a:

- ✓ La distribución temporal y espacial de los ruidos impulsivos de baja y media frecuencia.

Proporción de días y su distribución a lo largo de un año, medidos en la banda de frecuencias de 10 Hz a 10 kHz como nivel de exposición sonora SEL, la cual tiene en cuenta el nivel de la señal y su duración, normalizando la cantidad de energía total a un tiempo de 1 segundo (dB re  $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$ ), que en el caso de señales que duran 1 s, SEL y RMS concuerdan.

- ✓ La evolución del nivel de ruido continuo de baja frecuencia.

Evolución del nivel de ruido ambiental en las bandas de 1/3 de octava 63 y 125 Hz (frecuencia central) (re  $1\mu\text{Pa}$  RMS; nivel de ruido medio en estas bandas de octavas a lo largo de un año), medido por estaciones de observación o, si procediere, haciendo uso de algún modelo.

“El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente” ha elaborado un “Documento Técnico sobre impactos y mitigación de la contaminación acústica marina”, ver Figura 3.3.2.1.1., donde se esquematiza las medidas de mitigación de impacto, clasificadas para las distintas actividades productoras de contaminación acústica.



*Figura 3.3.2.2.1.1. Portada del “Documento Técnico sobre impactos y mitigación de contaminación acústica marina” [34].*

Convenios previos:

- ✓ Convenio OSPAR para la protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico del Nordeste “Deben incrementarse los esfuerzos para desarrollar y aplicar medidas de mitigación para reducir los impactos del ruido submarino sobre la vida marina” (OSPAR 2009a).
- ✓ Convenio de Bonn sobre Especies Migratorias de Animales Silvestres (CMS)- Resolución 10.24 (noviembre 2011) “Sigüientes pasos para reducir la contaminación acústica submarina para la protección de cetáceos u otras especies migratorias”.
- ✓ Directiva marco sobre la Estrategia Marina (Directiva 2008/56/CE), por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino. Exige que los vertidos antropogénicos de sustancias y de energía, incluidos los ruidos, en el medio marino no generen efectos de contaminación (Artículo 3).

En este documento no existe la implantación de un parque de nuestras características, pero si elegimos aquellas que tengan rasgos comunes, obtenemos acciones para reducir el impacto de contaminación acústica (EIAa: Evaluación del impacto ambiental acústico / EAE: Evaluación ambiental estratégica):



<b>Actividad</b>	<b>Acción a regular legislativamente // impulsar mediante incentivos</b>
Obras marinas/ Instalación tuberías/ Instalación pilotes/ Construcciones / Explosiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EAE y EIAa incluyendo los efectos sobre la fauna silvestre y sobre la pesca.</li> <li>- Evitar las actividades en épocas críticas de especies protegidas (reproducción, migración, concentraciones de alimentación).</li> <li>- Uso de cortinas de burbujas para mitigar la transmisión del ruido.</li> <li>- Uso de las mínimas cargas necesarias para la construcción.</li> </ul>
Aerogeneradores	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EAE y EIAa incluyendo los efectos sobre la fauna silvestre y sobre la pesca.</li> <li>- Uso de cortinas de burbujas para mitigar el ruido de la instalación de pilotes.</li> </ul>

*Tabla 3.3.2.2.1.1. Acciones para reducir contaminación acústica.*

Si prevalece la elección de suelos arenosos, evitamos la necesidad de trabajar el suelo marino con explosivos para los anclajes.

Se debe elegir el período de instalación del parque menos intrusivo para las especies marinas del lugar seleccionado, aprovechando la fluctuación migratoria.

Las zonas de tráfico marítimo, ya son de por sí zonas de contaminación acústica, pero se desaconseja instalar un parque de boyas en la trayectoria habitual de buques.

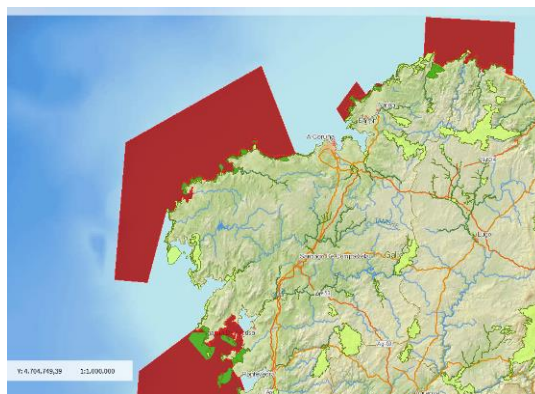


### 3.3.2.2.2 Red Natura 2000 y Directiva Marco de estrategia marina

Es una red ecológica europea de áreas de conservación de la biodiversidad que tiene el fin de asegurar la supervivencia a largo plazo de las especies y los hábitats más amenazados de Europa.

Hoy en día, el “Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico”, pone a servicio en su página web una serie de visores cartográficos [\[35\]](#):

- ✓ Visor del Sistema de Información Geográfico del Banco de Datos de la Naturaleza.
- ✓ Visor de la Red de Parques Nacionales.
- ✓ Visor Europeo de Espacios Protegidos. El mapa muestra una visión general de los sitios protegidos en Europa, incluidos los sitios Natura 2000, los sitios Esmeralda y las áreas protegidas designadas a nivel nacional (CDDA).
- ✓ Visor de la Red Natura 2000 [\[36\]](#), que indica los límites de las áreas protegidas, como en el caso de la costa Norte de Galicia, ver Figura 3.3.2.2.1.



*Figura 3.3.2.2.1. Visor Red Natura 2000*

Natura 2000 se compone de “Lugares de Importancia Comunitaria” (LIC) declarados por los Estados miembros con arreglo a la “Directiva de Hábitats 92/43/CEE de 1992” y de “Zonas de Especial Protección para las Aves” (ZEPA) que se designan tal y como se muestra en la Figura 3.3.2.2.1., de acuerdo con

la “Directiva Aves 2009/147/CE de 2009”. Asimismo, en un plazo de 6 años desde la declaración de un LIC, la Directiva Hábitat prevé su designación definitiva como “Zonas de Especial Conservación” (ZEC). La necesidad de los Estados miembros de designar lugares Natura 2000 es una contribución importante a la “Directiva 2008/56/CE Marco de Estrategia Marina” de 2008, que recogía la obligatoriedad de crear antes del 2012 una red de áreas marinas protegidas. A finales de 2018 ya se habían designado más de 3150 sitios marinos Natura 2000 en la UE (10% de la superficie marina). Esta directiva se complementa con el Anexo III (2017) al artículo 8, apartado 1, sobre las utilizaciones y actividades humanas en el medio marino o que le afecten que deberán ser evaluadas, como por ejemplo la explotación de energía undimotriz.

“El Decreto 37/2014, do 27 de marzo”, por la que se declaran zonas especiales de conservación los lugares de importancia comunitaria de Galicia y se aprueba el Plan director de la Red Natura 2000 de Galicia, considera los usos permitidos como cualquier actividad compatible con los objetivos de la declaración de las ZEC e ZEPA y que puede por tanto, desenvolverse sin limitaciones especiales, bien en su totalidad o bien en las áreas donde la categoría de zonificación así lo permita.

La Orden AAA/1260/2014, de 9 de julio, delimita las Zonas de Especial Protección para las Aves en aguas marinas españolas [37].



Figura 3.3.2.2.1 Zonas ZEPA en España.



- ✓ ES0000495 Espacio marino de Punta de Candelaria-Ría de Ortigueira - Estaca de Bares.
  - Superficie: 771,52 km<sup>2</sup>.
  - Descripción: Espacio marino de gran importancia como corredor migratorio por donde, cada año, pasan más de un millón de aves durante la migración postnupcial.
- ✓ ES0000496 Espacio marino de la Costa de Ferrolterra - Valdoviño.
  - Superficie: 68,18 km<sup>2</sup>.
  - Descripción: Espacio marino circundante a las islas Gabeiras y a las islas Os Cabalos.
- ✓ ES0000497 Espacio marino de la Costa da Morte.
  - Superficie: 3162,83 km<sup>2</sup>.
  - Descripción: Espacio marino que ocupa gran parte de la plataforma continental frente a la costa da Morte, en el noroeste de Galicia.
- ✓ ES0000498 ZEPA Banco de Galicia.
  - Superficie: 8722,70 km<sup>2</sup>.
  - Descripción: El banco de Galicia es una montaña submarina cuyo punto central se sitúa a unos 220 km de la costa occidental gallega. En la parte central presenta un pico que asciende a tan sólo 600 m de la superficie, mientras que en la cara noroeste la profundidad alcanza más de 4.000 m. Sus especiales características geomorfológicas la convierten en una zona de elevada productividad marina.

### 3.3.2.3 Rutas marítimas

Las rutas de buques de tránsito internacional se alejan al menos 20 millas de la costa. La ruta que abarca este sector es la Autopista marítima de Europa Occidental. Esta Autopista tiene canales de acceso, zonas de mayor tránsito próximas a los puertos de mayor actividad comercial o industrial dando continuidad al transporte por carretera, como por ejemplo, tal y como se aprecia en la Figura 3.3.2.3.1., el puerto de La Coruña. Estas zonas de entrada están

excluidas de la Red Natura, pero este gran tránsito es una gran limitación para un parque undimotriz. Debería ser un parque con poca área necesaria, señales luminosas y GPS para aviso en caso de proximidad de los buques a los dispositivos. Existen múltiples posibilidades.

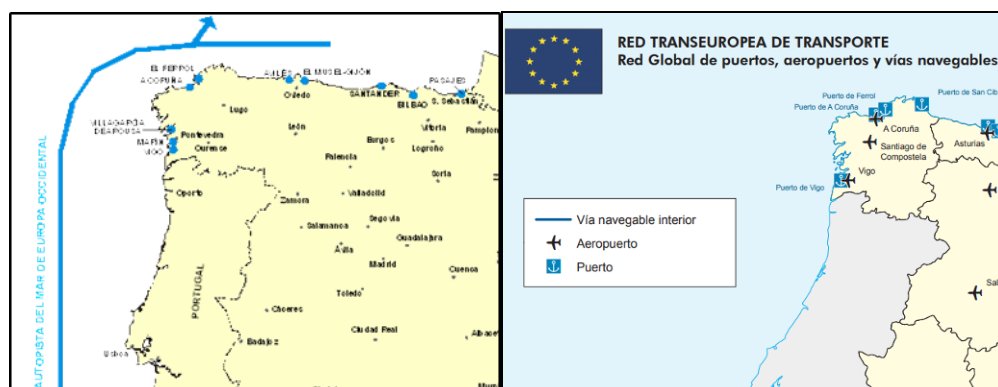


Figura 3.3.2.3.1. Autopista del mar de Europa Occidental y puertos de entrada.

### 3.3.2.4 Zonas de marisqueo

La mayor parte de las explotaciones se ubican en zonas de entrada de rías o zonas de roca y acantilados (percebe), zonas de menos oleaje y calado, no propicias para un parque undimotriz. Se deberá analizar si la instalación de este parque puede provocar cambios significativos en las corrientes o qué efectos puede producir a largo plazo en las zonas más cercanas de explotación marisquera e incluirlo en el estudio de Impacto Medioambiental.

Para ello se debe revisar también el “Plan General de Explotación Marisquera para el año 2018” (D.O.G. nº 248 do 31 de diciembre de 2018), prorrogado hasta el 31/12/2020, donde viene reflejado los planes de explotación marisquera.

### 3.3.2.5 Zonas de pesca

No existen zonas específicas de pesca, los barcos pesqueros se desplazan a lo largo de la costa según se encuentren los bancos de peces. Aunque por norma general, los buques arrastreros no pueden realizar su actividad a menos de 100 m de profundidad, situándose al límite del rango buscado durante su actividad.

De forma orientativa, nos basamos en un localizador basado en el sistema AIS, ver ejemplo de visualización en la Figura 2.3.2.5.1., que indicará durante la evaluación de las posibles ubicaciones el recorrido habitual de buques y zonas de mayor actividad pesquera. En este localizador los buques se identifican como sigue:

- ✓ Los barcos en color azul son pesqueros.
- ✓ Los barcos en color amarillos son de carga.
- ✓ Los barcos en color naranja son tanques.
- ✓ Los barcos en color rosa son yates.



Figura 3.3.2.5.1. Posicionamiento de buques (AIS) [38].

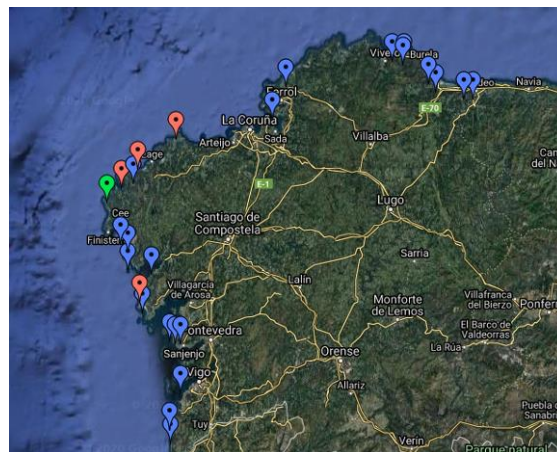
### 3.3.2.6 Acuicultura

En sus inicios esta industria se instalaba en ocasiones en el mar, por lo que se debía tener en cuenta la superficie offshore ocupada. En la actualidad este sector se ha consolidado en tierra, cerca de la costa para la obtención de agua de mar, o en las rías, a resguardo del oleaje. Se tendrá en cuenta la superficie ocupada de costa por este sector y los planes de ampliación de superficie dedicada para este tipo de industria a la hora de establecer un parque de boyas.



Galicia es la comunidad autónoma de referencia en vincular la acción de Gobierno a la planificación estratégica. De hecho, fue pionera en la aprobación de un plan estratégico de carácter global, y este será el tercero plan que aprueba la Comunidad Autónoma después de los ya aprobados para los períodos 2010-2014 y 2015-2020. Este plan 2021-2030 está en elaboración, por lo que se tendrá en cuenta el último en vigor: 2015-2020.

Se puede ver en la Figura 3.3.6.2.1., el mapa interactivo de Acuicultura en Galicia y la ubicación exacta de cada industria. En rojo los que ya están desaparecidos de los nuevos planes, y en verde los que tienen posibilidades de ponerse en marcha.



*Figura 3.3.2.6.1. Ubicación Parques de Acuicultura en Galicia [39].*

### 3.3.3 Método de análisis

Este estudio se divide en cinco sectores, los cuales se analizarán por limitaciones descritas anteriormente y otras características como son los datos históricos de las boyas. Se hará una análisis básico, este terreno es muy amplio y existen ya modelos matemáticos y diversos estudios ya realizados como son por ejemplo el “Estudio Técnico PER 2011-2020” sobre la Evaluación del Potencial de la energía de las olas realizado por IDAE-IH Cantabria.



Como ya mencioné en los antecedentes, para este primer análisis, recopilaremos los datos:

- ✓ Áreas de Conservación de la Biodiversidad: Visor de Red Natura 2000 [36].
- ✓ Tráfico de buques: Posicionamiento de buques (AIS) [38].
- ✓ Datos históricos de boyas de medición: Página web de Puertos del Estado. [26].
- ✓ Ubicación de subestación más cercana y distancia hasta el punto de costa donde partirá el cable subacuático que enlazará con el parque de boyas: Página Google Earth [39].
- ✓ Profundidad del fondo marino, tipo de fondo y distancia entre punto de encuentro en la costa y ubicación de parque de boyas (medición cable submarino): Programa “Open CPN 2.5.0”.

La superficie del mar se puede interpretar como una superposición de muchas capas de ondas de diversas amplitudes, períodos, direcciones, y fases. El análisis espectral se ha convertido en el mejor método de procesamiento de datos de oleaje gracias a su fácil interpretación y a la cantidad de instrumentos de medida indirecta existentes. Permite el análisis direccional.

Puertos del Estado utiliza el modelo WAM, que integra la ecuación básica de transporte. Esta ecuación describe la evolución de un espectro bidimensional de energía con respecto a la frecuencia y dirección. En la práctica funciona como un esquema de espaciado variable.

Los datos utilizados en este estudio se obtienen de este modelo numérico (malla de boyas) que parten de datos reales obtenidos de boyas de medición.

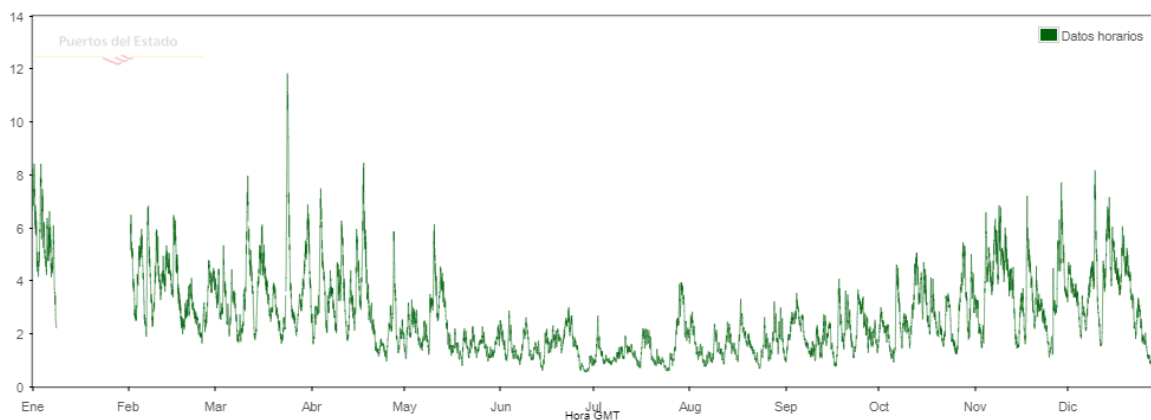
Se analiza los datos anuales de una de estas boyas de medición (Estaca de Bares) para justificar el criterio establecido para la toma de datos.



EFICACIA: 95.01% AÑO/YEAR: 2019		Tp (s)											TOTAL
		<=1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	>10.0	
Hs (m)	<=0.5	---	---	---	---	---	---	---	0.012	0.012	---	0.048	0.072
	1.0	---	---	---	0.252	0.276	0.649	0.673	1.418	0.937	1.250	0.997	6.452
	1.5	---	---	---	0.072	0.433	1.093	0.769	2.091	2.043	4.397	4.277	15.175
	2.0	---	---	---	---	0.084	1.814	1.466	1.430	1.466	4.349	12.099	22.708
	2.5	---	---	---	---	---	0.505	0.781	0.997	0.721	1.502	8.254	12.760
	3.0	---	---	---	---	---	0.024	0.276	0.985	0.697	1.153	7.990	11.126
	3.5	---	---	---	---	---	---	0.072	0.312	0.445	0.889	7.221	8.939
	4.0	---	---	---	---	---	---	---	0.120	0.312	0.733	6.740	7.906
	4.5	---	---	---	---	---	---	---	0.012	0.096	0.216	3.941	4.265
	5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	0.012	0.084	2.763	2.860
	> 5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	0.012	0.048	7.678	7.738
TOTAL	---	---	---	0.324	0.793	4.085	4.037	7.377	6.752	14.622	62.009	100%	

Tabla 3.3.3.1. Tabla Hs vs Tp durante el 2019. Boya de Estaca de Bares.

Analizando los datos históricos durante el último año (2019), que se muestran en la Tabla 3.3.3.1., el mayor porcentaje de altura de ola es de 2 m, y para frecuencias mayores de 10 segundos.



Gráfica 3.3.3.1. Altura significativa del oleaje durante 2018. Boya de Estaca de Bares.

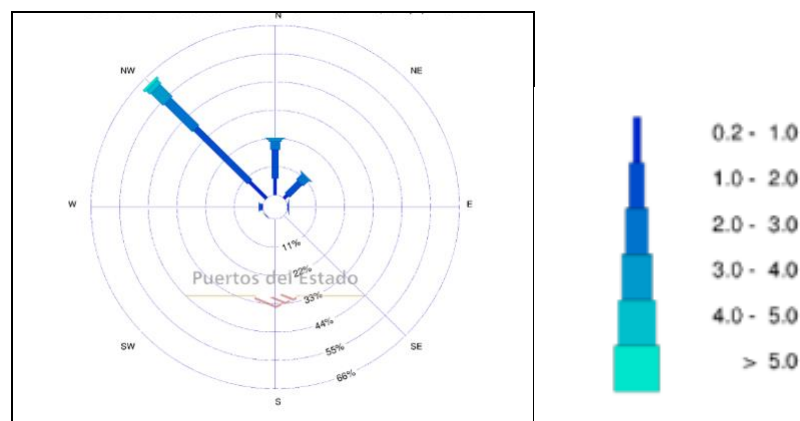
Durante el invierno esta altura media suele llegar hasta 3 m con picos de olas de hasta 12 m, como se puede observar en la Gráfica 3.3.3.1.

Se trata de evitar los picos de altura de ola, y evitar así posibles averías o roturas de anclaje. En esta boya se registra casi un 8% de picos. (Por encima de los 5 m de altura los parques undimotriz pierden eficacia).

El segundo mayor porcentaje de altura es para olas de 1,5 m con un período de 10 segundos.



Otro dato a tener en cuenta para una instalación, es la dirección de mayor potencia, ya que el parque se situará perpendicular a esta línea de acción de ola para aprovechar al máximo la potencia. La rosa de oleaje en la mayoría de las boyas de la costa gallega y más en concreto de la costa norte, marca su mayor potencial en dirección NW (Noroeste) como se puede ver en la Gráfica 3.3.3.2.



Gráfica 3.3.3.2. Altura significativa de Boya SIMAR 3056040 durante el 2019.

Por lo tanto en cada ubicación se elige los datos de una boya situada en esta dirección. Como por ejemplo en el punto 7 que se analizará más adelante:

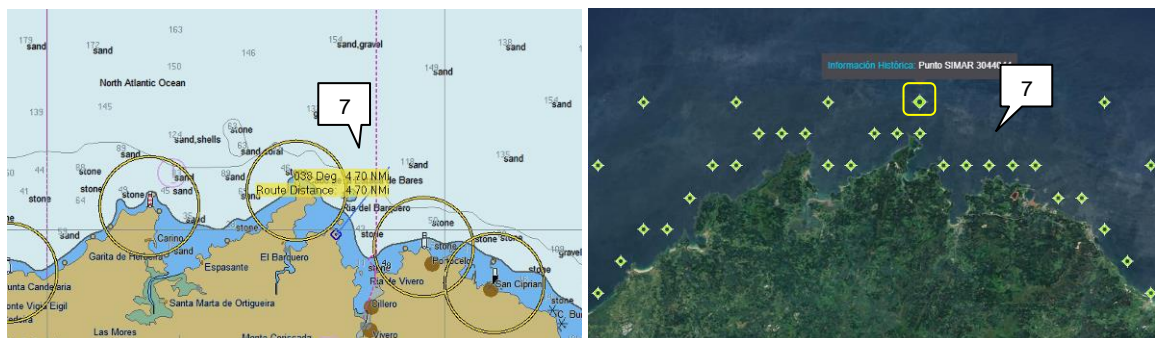


Figura 4.3.3.1. Criterio de la selección de boya de recopilación de datos.

Revisamos los datos históricos por rango de tiempo de la de boya Estaca de Bares:

- ✓ De 1996 a 2019 (últimos 23 años).
- ✓ De 2009 a 2019 (últimos 10 años).



- ✓ De 2018 a 2019 (2 últimos años).
- ✓ De 1996 a 2010.

Los datos varían ligeramente. Se observa una tendencia a medida que se avanza hasta 2019:

- ✓ Aumenta el porcentaje de períodos  $> 10$  s:

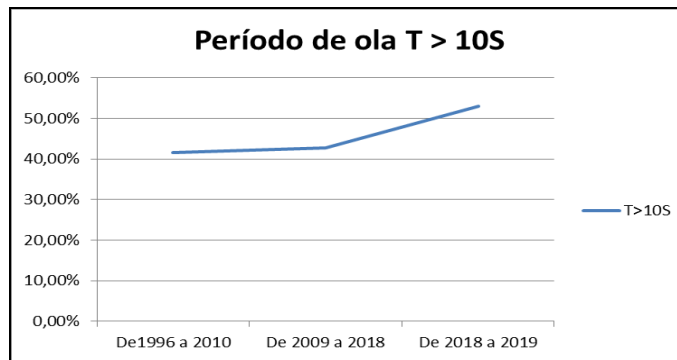
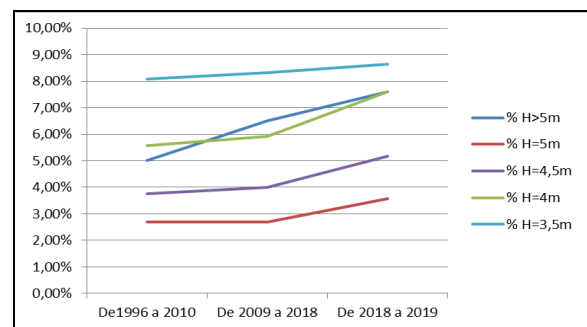
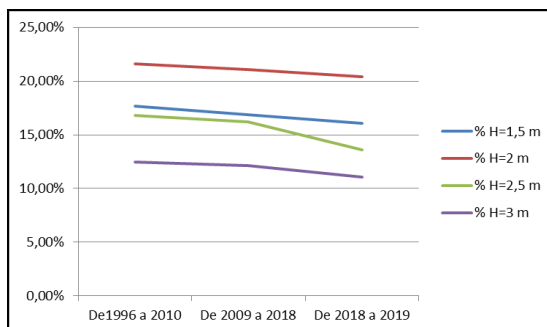


Gráfico 4.3.3.3. Compartiva evolución T de 1996 a 2019. Elaboración propia.

- ✓ Aumenta el porcentaje de picos,  $H > 5$  m ( como los producidos en temporales). Si se consigue preservar el parque en estos picos no sería un punto crítico. Los porcentajes de  $H \leq 3$  m es menor a medida que nos aproximamos a 2019, tal y como muestra la gráfica de la izquierda (Gráfico 3.3.3.4.), pero aumenta para  $H > 3$  m, como se ve en la gráfico de la derecha.



Gráficos 3.3.3.4. Compartiva evolución H de 1996 a 2019. Elaboración propia.



En resumen la tendencia ha sido el aumento de el período de ola y la altura.

El cambio climático ha cambiado las condiciones en gran medida y es difícil predecir que oleaje habrá de aquí a 10 años, por lo que nos basaremos en los más recientes.

En la toma de estos datos “históricos” tomamos los dos últimos años (desde 2018 a 2019), por ser los más cercanos a la actualidad.

Según la ecuación 1 , a mayor período (T) y altura (H), mayor potencia por metro lineal de frente de ola (P):

$$P \approx T \times H^2 \quad (\text{ec.1})$$

Dónde:

P=Potencia kW/m

H=Altura de ola (m)

T= Periodo (s)

Para el modelo WAM, (S) es el término fuente neto que describe el cambio de energía de un grupo de olas propagándose a lo largo de una línea geodésica. De manera que lo tomamos como un factor de corrección, una vez calculada la Potencia:

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} \quad (\text{ec.2})$$

Dónde:

$S_{in}$  Transmisión de energía por el viento

$S_{nl}$  Transferencia no lineal entre componentes de oleaje

$S_{ds}$  Disipación

Si multiplicamos este valor por la potencia nos dará el Flujo de energía . Este tipo de factor es genérico en todas las fórmulas de espectro y oscila entre 0,45 y 0,65 [\[40\]](#).

$$F = S \times T \times H^2 \text{ [kW/m]} \quad (\text{ec.3})$$

Se trata de calcular también “L” indicado en el Diagrama 3.3.3.2., para realizar un cálculo anual de la Potencia teórica que se obtiene en los puntos de ubicación de boya estudiados.

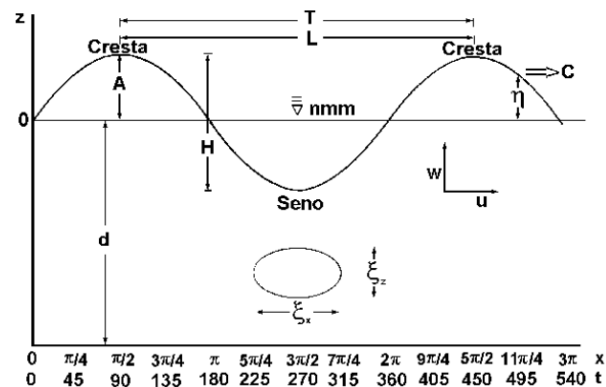


Figura 3.3.3.2. Diagrama de definición de una onda [41].

Al ser profundidades que rondan entre 50 y 100 m, se considerarán que son aguas intermedias. Según la solución lineal de la ecuación de ondas para olas gravitacionales (teoría lineal de Airy), La longitud de onda (m/s) es:

$$L = \frac{g \times T^2}{2\pi} = \text{Aguas profundas} \quad (\text{ec.4})$$

$$L = T \sqrt{g \times d} \text{ Aguas someras} \quad (\text{ec.5})$$

$$0,5 > d/L_0 > 0,05 \text{ en aguas intermedias} \quad (\text{ec.6})$$

Dónde:

$L_0$  = Longitud de ola en aguas profundas

d = Profundidad

g = Gravedad

T = Período

L = Longitud de onda



Se hará la media de las dos longitudes (ec.4) y (ec.5) para poder realizar una estimación.

Los rangos de altura elegidos serán entre 1,5 y 3,5 m, esto supone casi el 70 % del oleaje en este sector, para períodos de ola de  $\geq$  de 8 s.

Para los períodos  $>10$  s, se tomará una altura media de 12 m para realizar el cálculo.

Utilizaremos este rango para averiguar la potencia de las ubicaciones mejor situadas.

De este modo en el área de esta boya, a 100 m de profundidad, la potencia teórica extraíble sería:

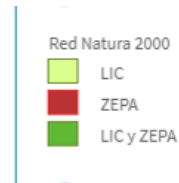
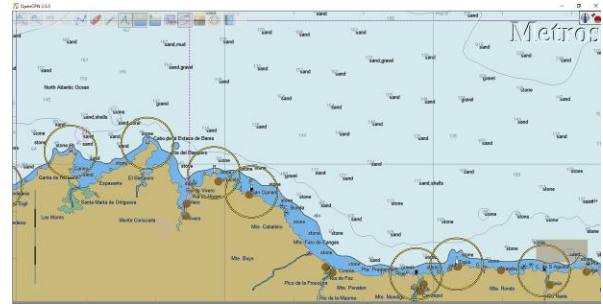
H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	2,144	18	45,7
2	8	1,328	32	31,2
2,5	8	1,109	50	34,0
3	8	0,926	72	34,1
3,5	8	0,487	98	12,8
1,5	9	2,644	20,25	91,1
2	9	2,12	36	104,1
2,5	9	1,054	56,25	40,2
3	9	0,658	81	22,6
3,5	9	0,701	110,25	34,9
1,5	10	4,545	22,5	343,7
2	10	5,349	40	846,4
2,5	10	3,022	62,5	422,1
3	10	1,779	90	210,6
3,5	10	1,267	122,5	145,4
1,5	12	3,302	27	278,6
2	12	8,486	48	3271,5
2,5	12	6,988	75	3466,3
3	12	7,14	108	5210,9
3,5	12	6,007	147	5020,3
				<b>9,8 TW</b>

Tabla 3.3.3.1. Valores de potencia teórica extraíble en la Boya de Estaca de Bares. Elaboración propia.

### 3.3.4 Particiones

#### 3.3.4.1 Partición 1: De Ribadeo al Faro Roncadoira

La costa de Galicia bañada por el mar Cantábrico es más resguardada y de menos tráfico marítimo. Se eligen los puntos más cercanos a subestaciones eléctricas existentes. Esta partición es también la de menor superficie de Red Natura, y prácticamente libre de zona ZEPA, lo que facilita los trámites administrativos. Las especies a proteger son mayormente aves de costa.



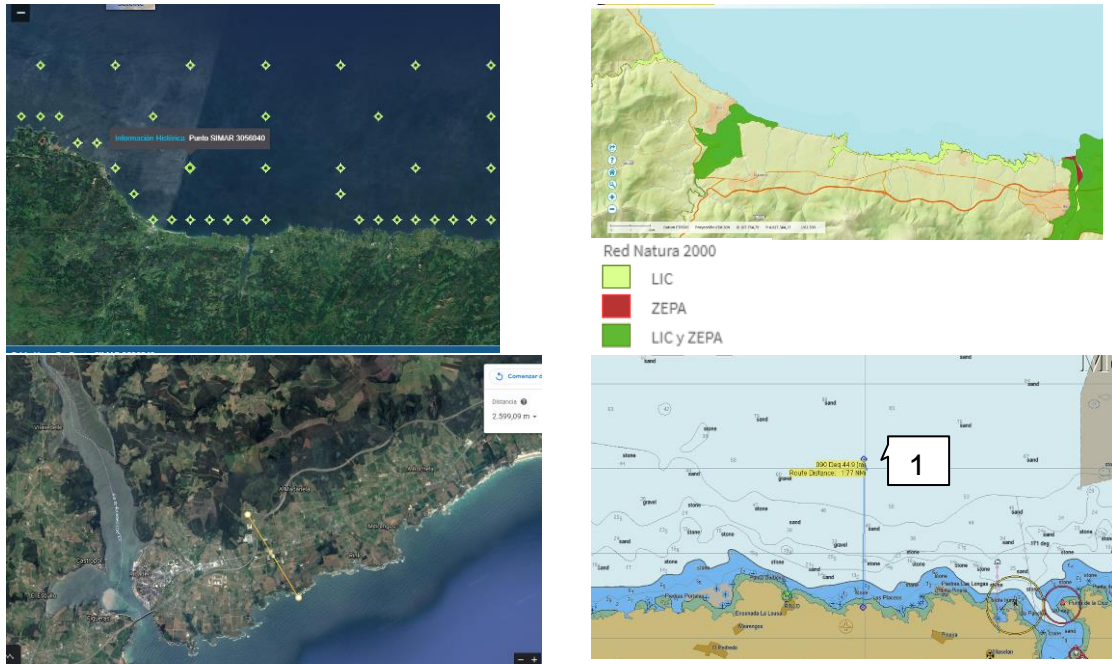
*Figuras 3.3.4.1.1. Visualización de la Partición 1.*

Se buscan las subestaciones cercanas y a partir de ellas se analizan las posibilidades.

### 3.3.4.1.1 Subestación eléctrica Ribadeo (A Folgosa)

#### 3.3.4.1.1.1 Punto 1

La zona de fondo arenoso se encuentra en profundidades de 64 y 92 m, entre 1,77 y 2,9 Mn, a mayor distancia de la costa, mayor coste de mantenimiento tanto por el cable subacuático como por el coste de instalación de los anclajes. A solo 3,3 km de la costa existe una profundidad adecuada. Al ser una zona especialmente resguardada, los picos de olas con alturas mayores a 5 m, son bajos, 1,8%. Es una zona LIC, y con población dispersa, el núcleo urbano más cercano es Ribadeo con unos 10.000 habitantes.



Figuras 3.3.4.1.1.1.1 Visualización del Punto 1.

La potencia en este punto es de las más bajas entre las ubicaciones elegidas, tal y como muestra la tabla 3.3.4.1.1.1.1. El 21% del oleaje no tiene la altura mínima, la ventaja es la disposición de un área extensa para un parque de grandes dimensiones.

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	1,135	18	11,0
2	8	0,756	32	8,7
2,5	8	0,653	50	10,1
3	8	0,367	72	4,6
3,5	8	0,16	98	1,2
1,5	9	1,96	20,25	43,1
2	9	0,642	36	8,2
2,5	9	0,504	56,25	7,9
3	9	0,344	81	5,3
3,5	9	0,252	110,25	3,9
1,5	10	2,487	22,5	89,2
2	10	1,513	40	58,7
2,5	10	0,55	62,5	12,1
3	10	0,321	90	5,9
3,5	10	0,183	122,5	2,6
1,5	12	17,788	27	7073,5
2	12	13,903	48	7682,0
2,5	12	9,284	75	5352,4
3	12	6,808	108	4144,6
3,5	12	4,837	147	2847,6
				<b>13,7 TW</b>

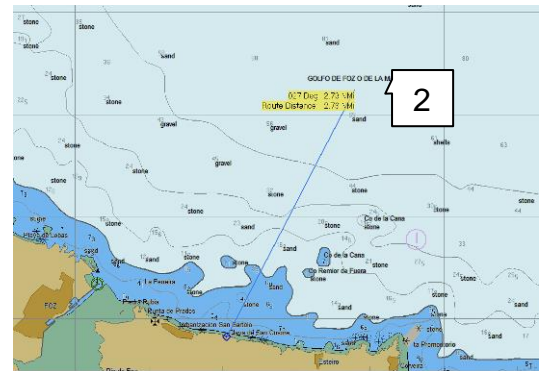
Tabla 3.3.4.1.1.1.1. Valores de potencia teórica extraíble en Punto 1. Elaboración propia.

### 3.3.4.1.2 Subestación eléctrica de Barreiros:

#### 3.3.4.1.2.1 Punto 2.

De características similares al Punto 1.

La gran ventaja de esta área es que no pertenece a Red Natura 2000, se elige como punto de salida de costa la Playa de San Cosme, en Barreiros.



*Figuras 3.3.4.1.2.1.1 Visualización del Punto 2.*

Está cercana a la subestación eléctrica de Barreiros, y podría abastecer a Foz (10.000 habitantes).

La potencia teórica extraíble anual, reflejada en la tabla 3.3.4.1.2.1.1., es también baja, en comparación con otros puntos, pero es un fondo arenoso extenso, por lo que el parque a instalar puede ser ampliable en segundas ejecuciones.





H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	1,135	18	11,0
2	8	0,756	32	8,7
2,5	8	0,653	50	10,1
3	8	0,367	72	4,6
3,5	8	0,16	98	1,2
1,5	9	1,96	20,25	43,4
2	9	0,642	36	8,3
2,5	9	0,504	56,25	8,0
3	9	0,344	81	5,3
3,5	9	0,252	110,25	3,9
1,5	10	2,487	22,5	89,6
2	10	1,513	40	59,0
2,5	10	0,55	62,5	12,2
3	10	0,321	90	6,0
3,5	10	0,183	122,5	2,6
1,5	12	17,788	27	7105,0
2	12	13,903	48	7716,2
2,5	12	9,284	75	5376,2
3	12	6,808	108	4163,0
3,5	12	4,837	147	2860,3
				<b>13,7 TW</b>

*Tabla 3.3.4.1.2.1.1. Valores de potencia teórica extraíble en Punto 2. Elaboración propia.*

Hacia Punta Roncadoira, entre Viveiro y San Ciprián existen varias zonas cercanas a costa de fondo arenoso, los puntos 3 y 4. El punto 3 estudiado, partiendo de otra subestación eléctrica, se nombra como punto 6. En la periferia de este tramo también se estudiará el punto 7. La gran limitación de ésta área es la Red Natura, que se extiende mar adentro como área de acción de diferentes aves protegidas. Especial atención en esta zona a evitar la contaminación acústica.

Otro punto periférico, el punto 5, queda excluido del área Red Natura, lo que lo sitúa entre los puntos seleccionados.

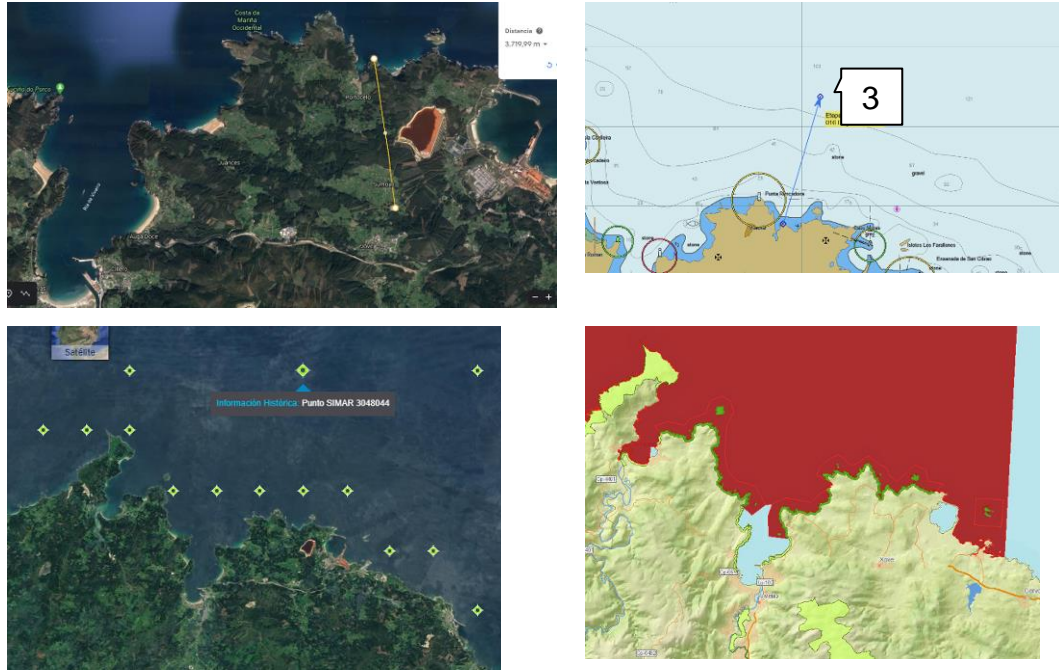
El interés por esta zona es la cercanía a la subestación eléctrica de la empresa Alcoa de San Ciprián recientemente noticia por la posibilidad de cierre, y cuya infraestructura ya creada se podría aprovechar en un parque undimotriz.

Las subestaciones de esta zona se sitúan próximas a una línea eléctrica de 400 kV.

### 3.3.4.1.3 Substacion Xove

#### 3.3.4.1.3.1 Punto 3

A 6 km de costa y a 100 m de profundidad se encuentra el punto 3



Figuras 3.3.4.1.3.1.1 Visualización del Punto 3.

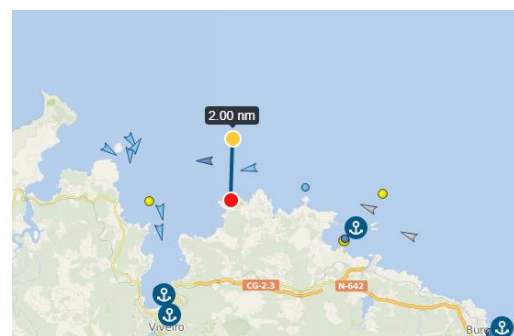
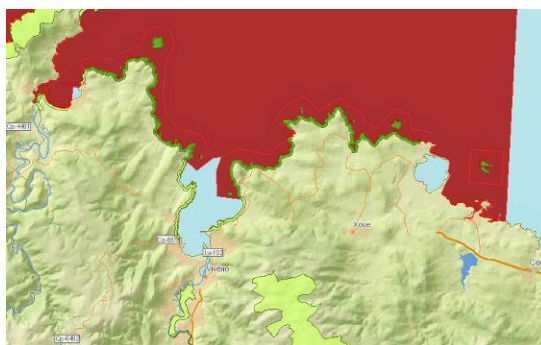
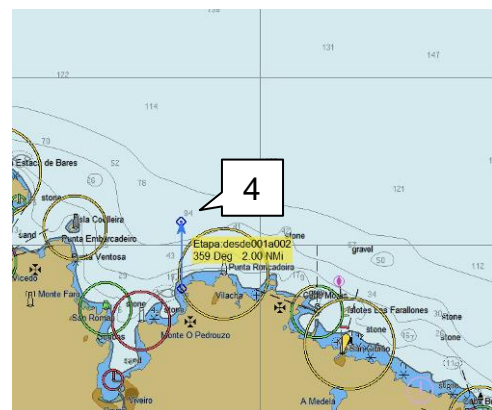
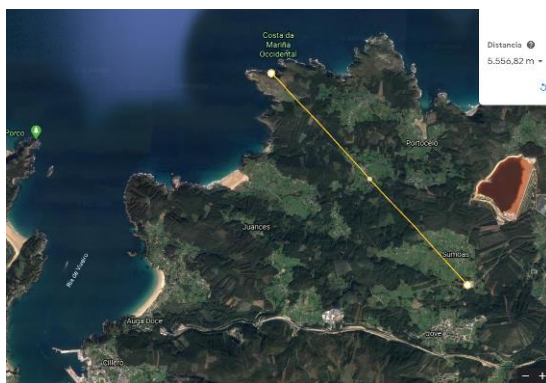
La potencia teórica extraíble, reflejada en la tabla 3.3.4.1.3.1.1., sería suficiente para atender las necesidades energéticas de San Ciprián, Xove y Viveiro.

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,942	18	8,8
2	8	0,609	32	6,6
2,5	8	0,729	50	14,7
3	8	0,465	72	8,6
3,5	8	0,253	98	3,5
1,5	9	2,337	20,25	71,2
2	9	0,741	36	12,7
2,5	9	0,505	56,25	9,2
3	9	0,5	81	13,0
3,5	9	0,293	110,25	6,1
1,5	10	3,4	22,5	192,3
2	10	1,551	40	71,2
2,5	10	0,747	62,5	25,8
3	10	0,603	90	24,2
3,5	10	0,373	122,5	12,6
1,5	12	11,767	27	3538,3
2	12	16,838	48	12880,0
2,5	12	12,611	75	11289,0
3	12	10,084	108	10394,0
3,5	12	7,127	147	7066,8
				<b>22,8 TW</b>

Tabla 3.3.4.1.3.1.1. Valores de potencia teórica extraíble en Punto 3. Elaboración propia.

### 3.3.4.1.3.2 Punto 4

Esta área es mixta, tiene partes de arena y partes de gravilla, se ha incluido en este estudio por el bajo porcentaje de picos de olas con alturas mayores de 5 m, solo 0,8 %. Solo a 3,7 km nos encontramos con una profundidad de 84 m. Está situado en la zona de entrada de la ría de Viveiro, por lo que está más protegido de temporales, por ese mismo motivo el porcentaje de olas no rentables es elevado, 21%.



*Figuras 3.3.4.1.3.2.1 Visualización del Punto 4*

Esta punta está muy cercana a la entrada de los buques de pesca al puerto de Celeiro. Aunque no se ha detectado gran afluencia de buques en la aplicación “Vesselfinder”.

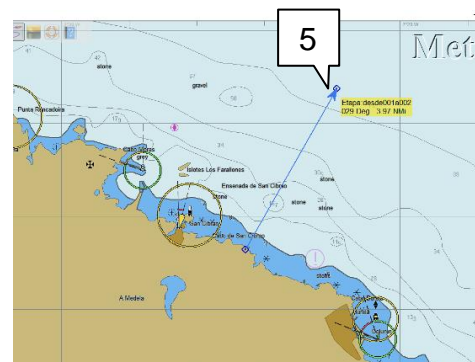
H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,844	18	6,7
2	8	0,787	32	10,3
2,5	8	0,672	50	11,7
3	8	0,391	72	5,7
3,5	8	0,069	98	0,2
1,5	9	1,246	20,25	19,1
2	9	0,494	36	5,3
2,5	9	0,448	56,25	6,8
3	9	0,368	81	6,7
3,5	9	0,132	110,25	1,2
1,5	10	1,849	22,5	53,7
2	10	0,77	40	16,6
2,5	10	0,442	62,5	8,5
3	10	0,293	90	5,4
3,5	10	0,167	122,5	2,4
1,5	12	20,898	27	10577,0
2	12	15,069	48	9776,8
2,5	12	11,273	75	8549,3
3	12	7,029	108	4786,3
3,5	12	3,67	147	1776,0
				<b>17,8 TW</b>

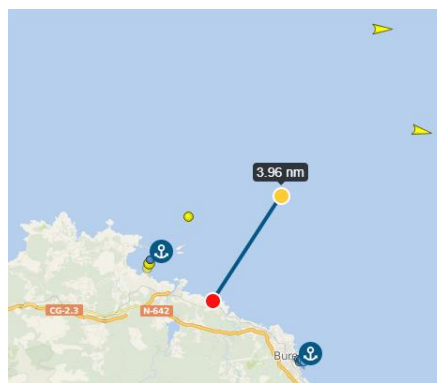
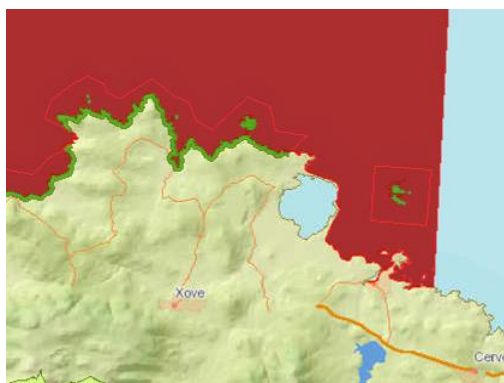
Tabla 3.3.4.1.3.2.1. Valores de potencia teórica extraíble en Punto 4. Elaboración propia.

### 3.3.4.1.4 Subestación Alumina San Cibrán

#### 3.3.4.1.4.1 Punto 5

El área de fondo arenoso más extensa y cercana se encuentra a 7,4 km de la costa, y a unas profundidades de más de 100 m. Ya, fuera del área protegida Red Natura, se encuentra el punto 5, cuya potencia teórica extraíble, tal y como indica la Tabla 3.3.4.1.4.1.1, es de las más altas de este estudio. Por todo ello, ésta es una de las mejores ubicaciones.





Figuras 3.3.4.1.4.1.1 Visualización del Punto 5.

Al igual que en el punto 3, la potencia teórica es suficiente para atender las necesidades de poblaciones cercanas (San Ciprián, Xove, Viveiro,...)

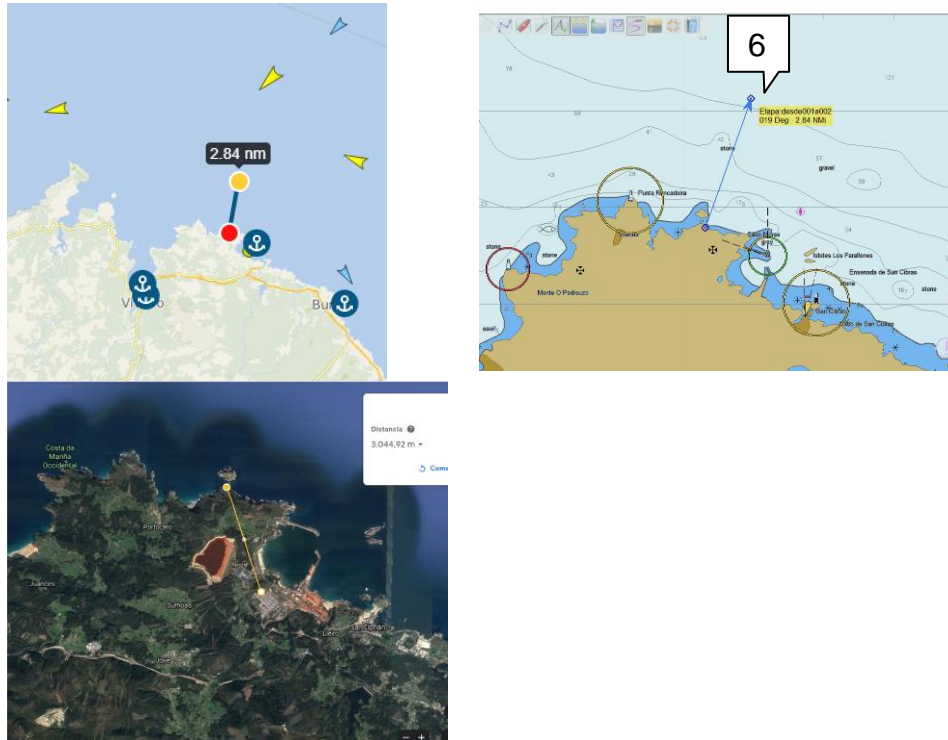
H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,492	18	2,4
2	8	0,609	32	6,6
2,5	8	0,729	50	14,7
3	8	0,465	72	8,6
3,5	8	0,253	98	3,5
1,5	9	2,337	20,25	71,2
2	9	0,741	36	12,7
2,5	9	0,505	56,25	9,2
3	9	0,5	81	13,0
3,5	9	0,293	110,25	6,1
1,5	10	3,4	22,5	192,3
2	10	1,551	40	71,2
2,5	10	0,747	62,5	25,8
3	10	0,603	90	24,2
3,5	10	0,373	122,5	12,6
1,5	12	11,767	27	3538,3
2	12	16,838	48	12880,0
2,5	12	12,611	75	11289,0
3	12	10,084	108	10394,0
3,5	12	7,127	147	7066,8
				<b>22,8 TW</b>

Tabla 3.3.4.1.4.1.1 Valores de potencia teórica extraible en Punto 5. Elaboración propia

### 3.3.4.1.4.2 Punto 6

Ya perteneciente a la Red Natura, es de todos los puntos entre Viveiro y San Ciprián, el de mejores características de distancia y profundidad. Sólo a 3,5 km del punto de encuentro de la costa, se encuentra la Subestación de la Alumina

(Alcoa), y a poco más de 5 km de costa un área de fondo arenoso a 110 m de profundidad.



Figuras 3.3.4.1.4.2.1 Visualización del Punto 6.

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,942	18	9,1
2	8	0,609	32	6,8
2,5	8	0,729	50	15,2
3	8	0,465	72	8,9
3,5	8	0,253	98	3,6
1,5	9	2,337	20,25	73,6
2	9	0,741	36	13,1
2,5	9	0,505	56,25	9,5
3	9	0,5	81	13,5
3,5	9	0,293	110,25	6,3
1,5	10	3,4	22,5	198,6
2	10	1,551	40	73,5
2,5	10	0,747	62,5	26,6
3	10	0,603	90	25,0
3,5	10	0,373	122,5	13,0
1,5	12	11,767	27	3646,3
2	12	16,838	48	13273,5
2,5	12	12,611	75	11633,8
3	12	10,084	108	10711,5
3,5	12	7,127	147	7282,7
				<b>23,5 TW</b>

Tabla 3.3.4.1.4.2.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 6. Elaboración propia.



Las zonas próximas a San Ciprián y Burela son de acceso y parada de buques cargueros (Puntos 5 y 6), pero nuestras ubicaciones quedan lo suficientemente lejos de costa.

Un parque en estos puntos debería ser visible con señales luminosas y señalización GPS.

Finalmente en esta partición los puntos seleccionados son:

Punto	SUBESTACION	KV	CABLE TIERRA (KM)	FONDO	PROF. d (m)	CABLE SUBMARINO (KM)	RED NATURA	TRAFICO MARÍT./ PESQUERO	% de picos	% de oleaje NO rentable	NUCLEOS URBANOS PROXIMOS	Potencia teórica Anual extraíble (TW)
1	RIBADEO	132	5,2	ARENOSO	64	3,3	LIC	ESCASO	1,8	20,8	RIBADEO (9.900 habitantes)	13,7
2	BARREIROS	132	5,2	ARENOSO	65	5,1	NO	ESCASO	1,8	20,8	FOZ (10,000 Habitantes)	13,7
3	XOVE	380/400	3,7	ARENOSO	100	6,2	LIC Y ZEPa	ESCASO	2,5	10,2	SAN CIPIAN (2000 Habitantes) / VIVEIRO (15.500 Habitantes)	22,8
4	XOVE	380/400	5,5	GRAVILLA	84	3,7	LIC Y ZEPa	PUERTO PROXIMO	0,8	20,8	SAN CIPIAN (2000 Habitantes) / VIVEIRO (15.500 Habitantes)	17,8
5	ALUMINA	380/400	5,74	ARENOSO	100	7,4	NO	CERCA DE ZONA DE FONDEO	2,5	10,2	BURELA (9.600 Habitantes)	22,8
6	ALUMINA	380/400	3,44	ARENOSO	110	5,3	LIC Y ZEPa	CERCA DE ZONA DE FONDEO	2,5	10,2	SAN CIPIAN (2000 Habitantes) / VIVEIRO (15.500 Habitantes)	23,5

*Tabla 3.3.4.1.1. Posibles ubicaciones Partición 1. Elaboración propia.*

### 3.3.4.2 Partición 2: De Faro Roncadoira a Cedeira.

Esta segunda zona de estudio, cuya costa pertenece en su totalidad a la Red Natura, está alejada de la línea eléctrica de alta tensión. Se partirá de subestaciones desarrolladas para parques eólicos, lo que implicaría inversiones de ampliación de la capacidad de las mismas.

Esta costa se caracteriza por sus abundantes acantilados (San Andrés de Teixido, Acantilados de Loiba, Acantilados de Vixía de Herbeira, Cabo Ortegal, Bares y As Herbosas), lo que dificulta el mantenimiento de la red eléctrica.

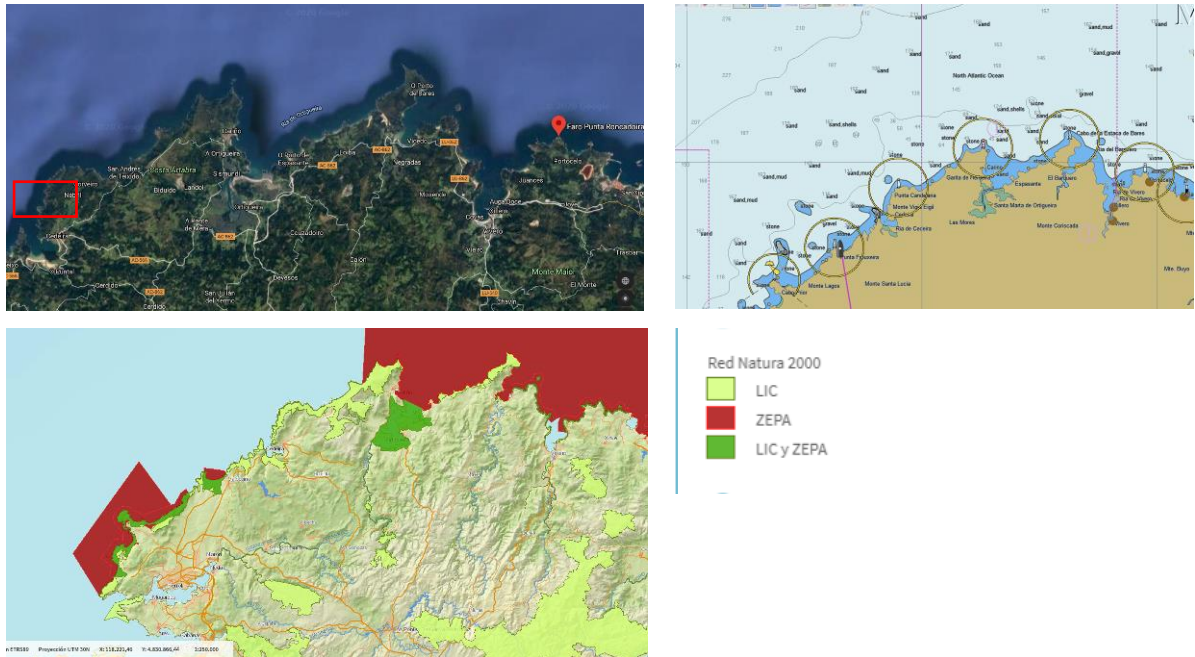


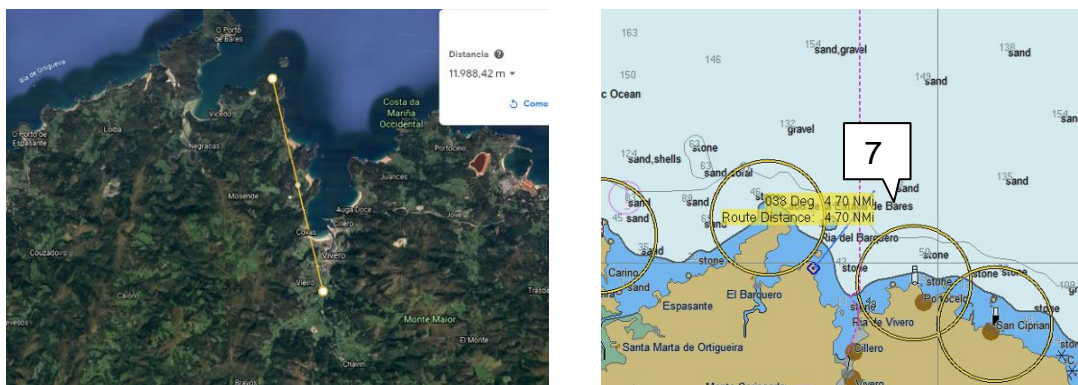
Figura 3.3.4.2.1 Visualización Partición 2.

### 3.3.4.2.1 Subestación Magazos-132 kV

#### 3.3.4.2.1.1 Punto 7

Es difícil encontrar una salida hacia el mar alejadas de las zonas de entrada a puertos (Viveiro, Vicedo, Cariño, Cedeira,...). Desde la subestación de Magazos con salida desde la playa Toxoso, se establece el punto 7, a 115 m de profundidad. Alejado del tránsito de buques pesqueros, en ocasiones los buques cargueros transitan o se resguardan en estas aguas en caso de mal tiempo.

Se evita la entrada a la ría de Viveiro, porque Celeiro es uno de los puertos pesqueros más importantes del norte de Galicia.





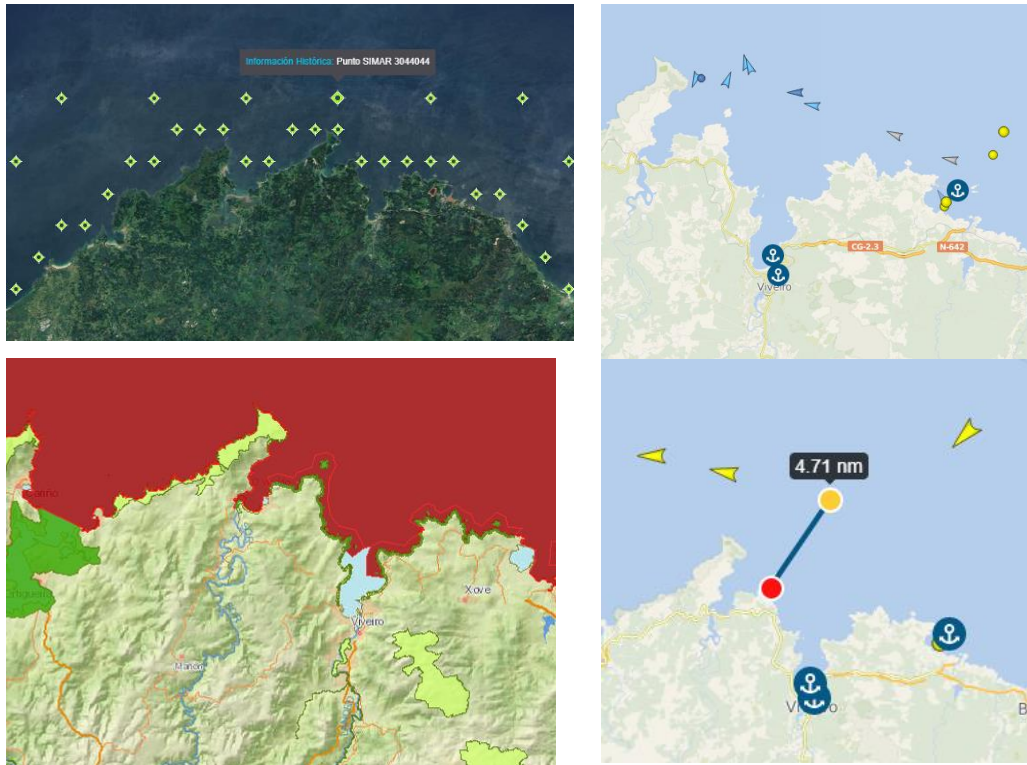


Figura 3.3.4.2.1.1 Visualización Punto 7.

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,936	18	9,2
2	8	0,597	32	6,6
2,5	8	0,701	50	14,3
3	8	0,551	72	12,7
3,5	8	0,218	98	2,7
1,5	9	2,32	20,25	73,6
2	9	0,718	36	12,5
2,5	9	0,505	56,25	9,7
3	9	0,408	81	9,1
3,5	9	0,356	110,25	9,4
1,5	10	3,463	22,5	209,2
2	10	1,499	40	69,7
2,5	10	0,643	62,5	20,0
3	10	0,609	90	25,9
3,5	10	0,379	122,5	13,6
1,5	12	10,768	27	3097,2
2	12	15,655	48	11638,1
2,5	12	12,749	75	12060,0
3	12	10,262	108	11251,8
3,5	12	7,448	147	8067,4
				<b>23,3 TW</b>

Tabla 3.3.4.2.1.1.1 Valores de potencia teórica extraible en Punto 7. Elaboración propia.

### 3.3.4.2.2 Línea de 132 kV (Subestación parques eólico Serra da Panda)

#### 3.3.4.2.2.1 Punto 8

Toda esta costa es de grandes acantilados, elegimos el punto más cercano a la subestación y a su vez más alejado de la entrada de la ría de Ortigueira, de gran aportación medioambiental. Costa arriba, se sitúa la única playa (Playa de Esteiro) con la posibilidad de entrada de cable a nivel del mar (no acantilada).

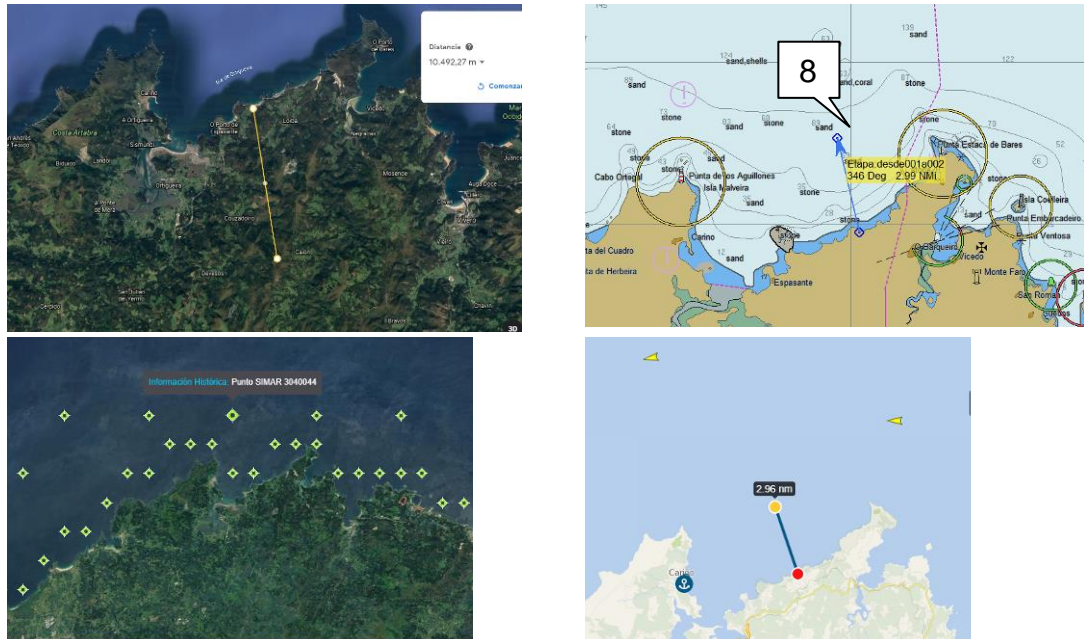


Figura 3.3.4.2.2.1.1 Visualización Punto 8.

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,93	18	8,2
2	8	0,546	32	5,1
2,5	8	0,695	50	12,8
3	8	0,609	72	14,2
3,5	8	0,241	98	3,0
1,5	9	2,441	20,25	74,6
2	9	0,735	36	12,0
2,5	9	0,551	56,25	10,6
3	9	0,425	81	9,0
3,5	9	0,511	110,25	17,8
1,5	10	3,566	22,5	203,6
2	10	1,625	40	75,2
2,5	10	0,678	62,5	20,4
3	10	0,551	90	19,4
3,5	10	0,494	122,5	21,3
1,5	12	9,292	27	2128,2
2	12	14,713	48	9485,8
2,5	12	12,91	75	11411,5
3	12	10,515	108	10901,2
3,5	12	7,741	147	8041,6
				<b>21,2 TW</b>

Tabla 3.3.4.2.2.1.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 8. Elaboración propia.

### 3.3.4.2.3 Línea de 132 kV (Subestación parque eólico A Capelada)

Hay tres opciones de bancos de arena en esta costa, puntos 9, 10, 11 y 12.

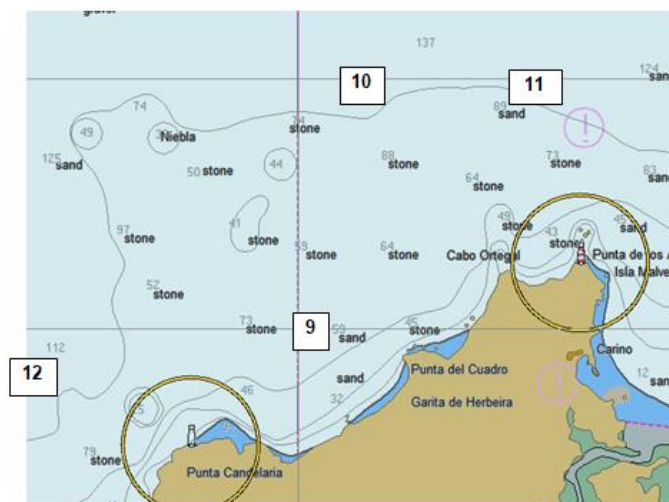
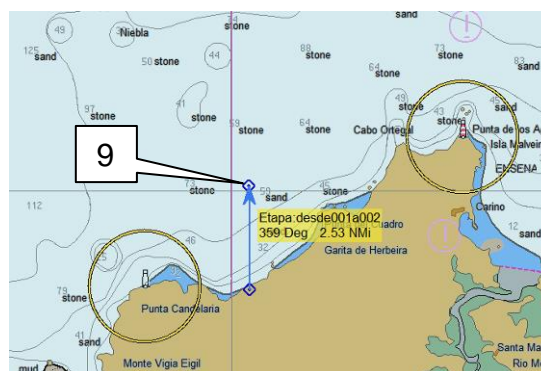
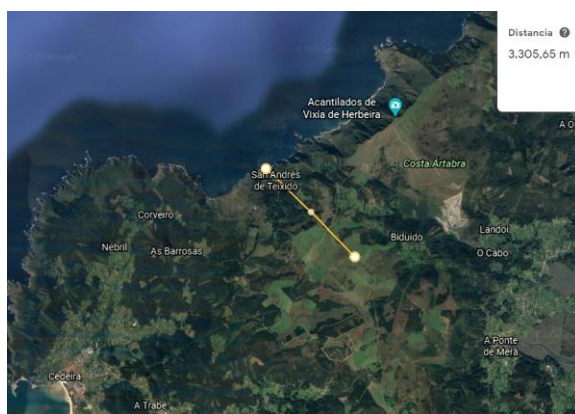


Figura 3.3.4.2.3.1. Visualización de los posibles puntos comunicables con la subestación de A Capelada.

#### 3.3.4.2.3.1 Punto 9

Ésta es un área pequeña con fondo de arena y está limitada a la profundidad de 59 m. Se busca una salida por costa lo más baja posible, para evitar los acantilados de Vixía de Herbeira. Las poblaciones más destacables a alimentar son Cedeira y Cariño. Esta zona es solo red LIC.



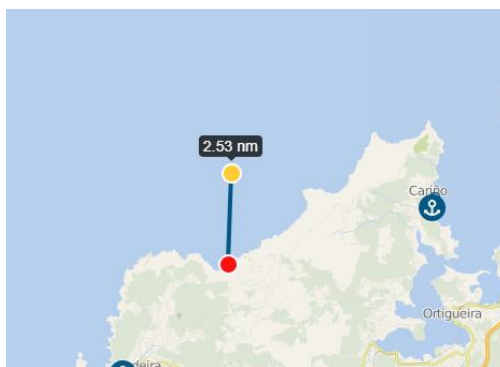


Figura 3.3.4.2.3.1.1 Visualización Punto 9.

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,896	18	6,7
2	8	0,511	32	3,8
2,5	8	0,511	50	6,0
3	8	0,546	72	9,9
3,5	8	0,505	98	11,5
1,5	9	2,314	20,25	58,6
2	9	0,666	36	8,6
2,5	9	0,523	56,25	8,3
3	9	0,391	81	6,7
3,5	9	0,551	110,25	18,1
1,5	10	3,233	22,5	147,0
2	10	1,441	40	51,9
2,5	10	0,93	62,5	33,8
3	10	0,413	90	9,6
3,5	10	0,597	122,5	27,3
1,5	12	6,202	27	840,3
2	12	13,318	48	6888,3
2,5	12	12,318	75	9207,4
3	12	10,01	108	8755,6
3,5	12	8,924	147	9471,8
				<b>17,8 TW</b>

Tabla 3.3.4.2.3.1.1 Valores de potencia teórica extraible en Punto 9. Elaboración propia

### 3.3.4.2.3.2 Punto 10

Si nos alejamos más de la subestación, 5,6 km, y ya en zonas de acantilados tratamos de trazar una línea de llegada a un fondo de arena más amplio a más de 10 km de la costa se sitúa el punto 10 a 100 m de profundidad.



Figura 3.3.4.2.3.2.1 Visualización Punto 10.

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,936	18	8,7
2	8	0,511	32	4,6
2,5	8	0,58	50	9,3
3	8	0,632	72	15,9
3,5	8	0,356	98	6,9
1,5	9	2,314	20,25	69,8
2	9	0,689	36	11,0
2,5	9	0,523	56,25	9,9
3	9	0,402	81	8,4
3,5	9	0,517	110,25	19,0
1,5	10	3,584	22,5	213,7
2	10	1,401	40	58,1
2,5	10	0,965	62,5	43,0
3	10	0,471	90	14,8
3,5	10	0,58	122,5	30,5
1,5	12	7,23	27	1335,8
2	12	14,277	48	9260,0
2,5	12	12,697	75	11443,5
3	12	10,331	108	10909,4
3,5	12	8,54	147	10146,8
				<b>21,8 TW</b>

Tabla 3.3.4.2.3.2.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 10

### 3.3.4.2.3.3 Punto 11.

Otra posibilidad más cercana a costa, 6,7 km (aunque más alejada de la subestación, 9,6 km) existe un banco de arena a 89 m de profundidad, el punto 11, ya en zona ZEPA.

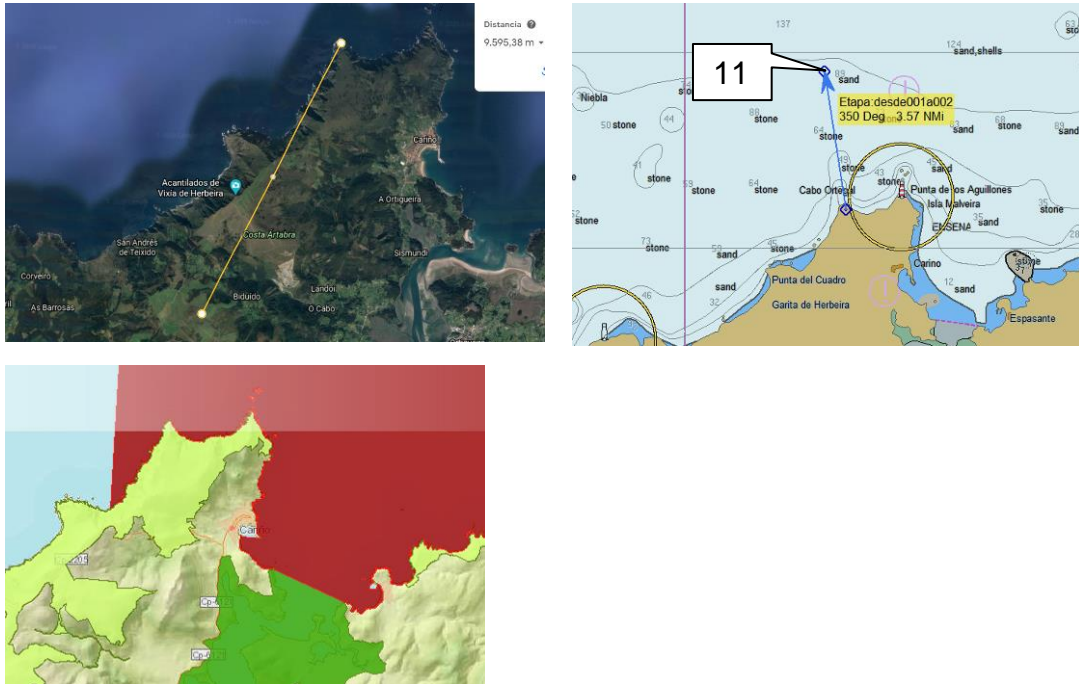


Figura 3.3.4.2.3.3.1 Visualización Punto 11

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,936	18	8,7
2	8	0,511	32	4,6
2,5	8	0,58	50	9,3
3	8	0,632	72	15,9
3,5	8	0,356	98	6,9
1,5	9	2,314	20,25	69,8
2	9	0,689	36	11,0
2,5	9	0,523	56,25	9,9
3	9	0,402	81	8,4
3,5	9	0,517	110,25	19,0
1,5	10	3,584	22,5	213,7
2	10	1,401	40	58,1
2,5	10	0,965	62,5	43,0
3	10	0,471	90	14,8
3,5	10	0,58	122,5	30,5
1,5	12	7,23	27	1335,8
2	12	14,277	48	9260,0
2,5	12	12,697	75	11443,5
3	12	10,331	108	10909,4
3,5	12	8,54	147	10146,8
				<b>21,8 TW</b>

Tabla 3.3.4.2.3.3.1 Valores de potencia teórica extraible en Punto 11. Elaboración propia

### 3.3.4.2.3.4 Punto 12

A 8,3 km de la subestación, y 6,7 km de la costa LIC, se encuentra el punto 12 a 110 m de profundidad. El hándicap de este punto es encontrarse cercano a la ruta de entrada del puerto de Cedeira.

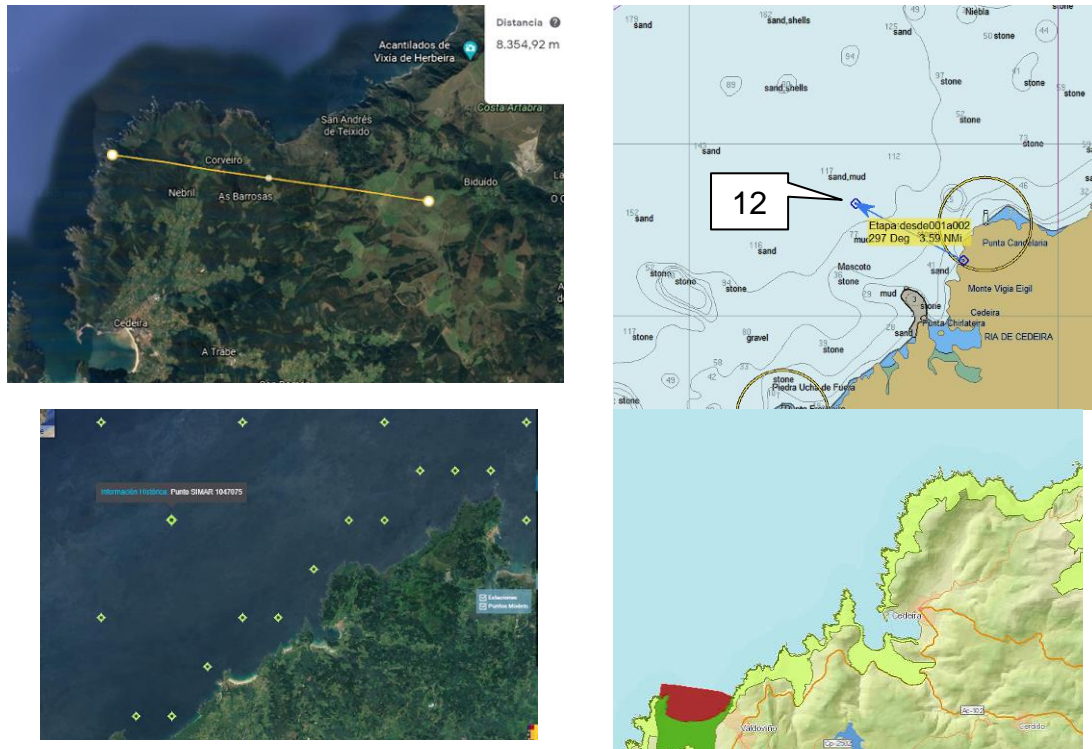


Figura 3.3.4.2.3.4.1 Visualización Punto 12.

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,896	18	8,3
2	8	0,482	32	4,2
2,5	8	0,505	50	7,3
3	8	0,603	72	15,0
3,5	8	0,385	98	8,3
1,5	9	2,2	20,25	65,2
2	9	0,77	36	14,2
2,5	9	0,586	56,25	12,8
3	9	0,488	81	12,8
3,5	9	0,523	110,25	20,1
1,5	10	3,205	22,5	176,5
2	10	1,51	40	69,6
2,5	10	1,016	62,5	49,3
3	10	0,373	90	9,6
3,5	10	0,563	122,5	29,7
1,5	12	6,432	27	1089,5
2	12	13,748	48	8848,8
2,5	12	12,795	75	11975,8
3	12	10,262	108	11093,0
3,5	12	8,695	147	10839,7
				<b>22,2 TW</b>

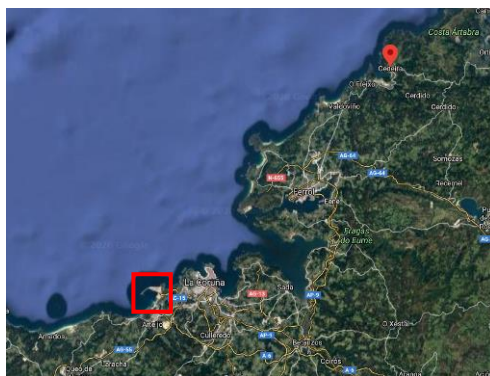
Tabla 3.3.4.2.3.4.1 Valores de potencia teórica extraible en Punto 12. Elaboración propia.

Punto	SUBESTACION	KV	CABLE TIERRA (KM)	FONDO	PROF. d (m)	CABLE SUBMARINO (KM)	RED NATURA	TRAFICO MARÍT./ PESQUERO	% de picos	% de oleaje NO rentable	NUCLEOS URBANOS PROXIMOS	Potencia teórica Anual extraíble (TW)
7	MAGAZOS	132	12	ARENOSO	115	8,7	LIC Y ZEPA	RUTA PESQUERA	3,5	10,6	VICEDO (1.700 Habitantes) / BARQUEIRO (2.000 Habitantes)	23,3
8	SERRA DA PANDA	132	10,5	ARENOSO	89	5,5	LIC Y ZEPA	ESCASO	4	10,2	ORTIGUEIRA (7.000 Habitantes)	21,2
9	A CAPELADA	132	3,3	ARENOSO	59	4,7	LIC	ESCASO	6,2	10,6	ORTIGUEIRA (7.000 Habitantes) / CEDEIRA (6.800 Habitantes)	17,8
10	A CAPELADA	132	5,6	ARENOSO	100	10,4	LIC	ESCASO	5	10	ORTIGUEIRA (7.000 Habitantes) / CEDEIRA (6.800 Habitantes)	21,8
11	A CAPELADA	132	9,6	ARENOSO	89	6,7	LIC	ESCASO	5	10	ORTIGUEIRA (7.000 Habitantes)	21
12	A CAPELADA	132	8,3	ARENOSO	110	6,7	LIC	PUERTO PESCA	5,6	10,1	CEDEIRA (6.800 Habitantes)	22,2

Tabla 3.3.4.2.1. Posibles ubicaciones Partición 2. Elaboración propia.

### 3.3.4.3 Partición 3: De Cedeira a Puerto Ext. de La Coruña

Ruta de acceso a los puertos de Coruña y Ferrol, ésta es una de las zonas marítimas más transitadas, por la contra, el área de Red Natura es menor. En el área de Ferrol, se descarta la subestación eléctrica del astillero Navantia por estar más alejada de la costa a estudiar que las otras, Subestaciones Piñeiros y Santa Mariña, a 9 km de la costa.





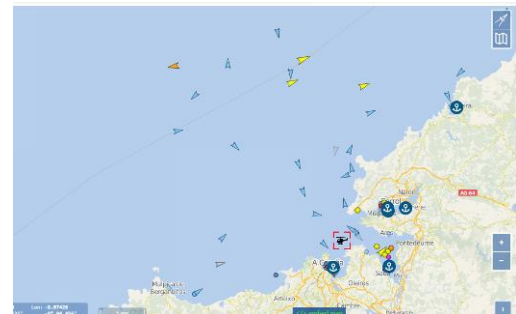
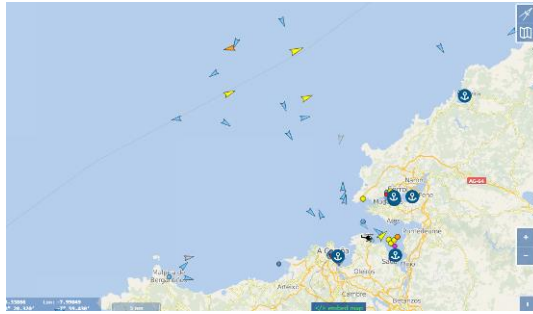


Figura 3.3.4.3.1 Visualización Partición 3.

### 3.3.4.3.1 Subestación Piñeiros (Narón).

#### 3.3.4.3.1.1 Punto 13.

Tratando de reducir los km de cable submarino (8,3 km), se traza la salida al punto 13 entre la playa de Valdoviño y la de Pantín, un fondo arenoso extenso a 115 m de profundidad.

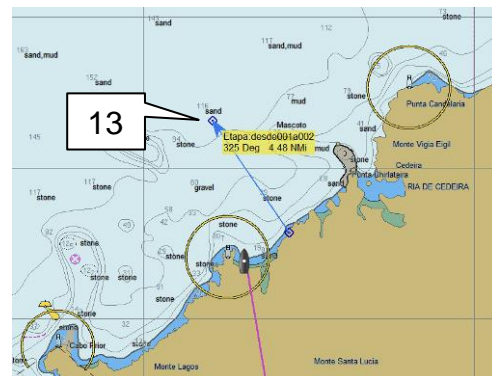
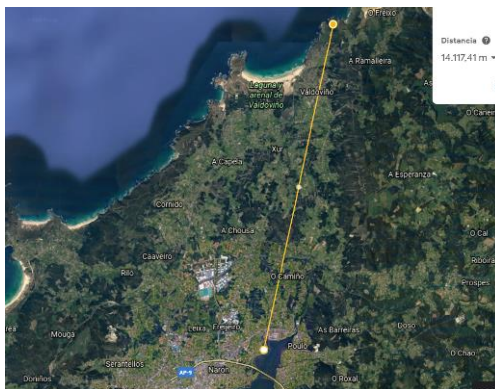


Figura 3.3.4.3.1.1.1. Visualización Punto 13.

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,896	18	8,4
2	8	0,482	32	4,3
2,5	8	0,505	50	7,4
3	8	0,603	72	15,2
3,5	8	0,385	98	8,4
1,5	9	2,2	20,25	66,2
2	9	0,77	36	14,4
2,5	9	0,586	56,25	13,0
3	9	0,488	81	13,0
3,5	9	0,523	110,25	20,4
1,5	10	3,205	22,5	179,2
2	10	1,51	40	70,7
2,5	10	1,016	62,5	50,0
3	10	0,373	90	9,7
3,5	10	0,563	122,5	30,1
1,5	12	6,432	27	1105,1
2	12	13,748	48	8975,4
2,5	12	12,795	75	12147,2
3	12	10,262	108	11251,8
3,5	12	8,695	147	10994,9
				22,5 TW

Tabla 3.3.4.3.1.1.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 13. Elaboración propia.

### 3.3.4.3.1.2 Punto 14

Otra opción, pero mucho más lejos de la costa, a 145 m de profundidad y a 17 km de la costa, con salida próxima a la playa de Ponzos, se sitúa el punto 14. Con esa profundidad, es lógico, que sea el punto de mayor potencia extraíble, ver Tabla 3.3.4.3.1.2.1., aunque también los costes de mantenimiento aumentan en mayor proporción.

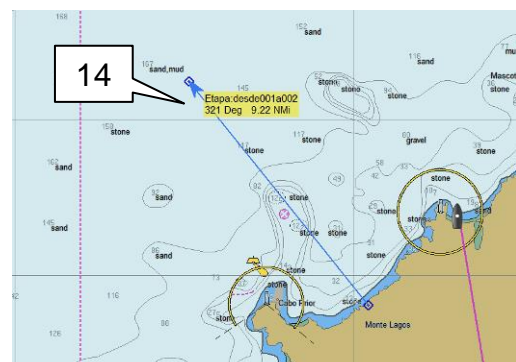
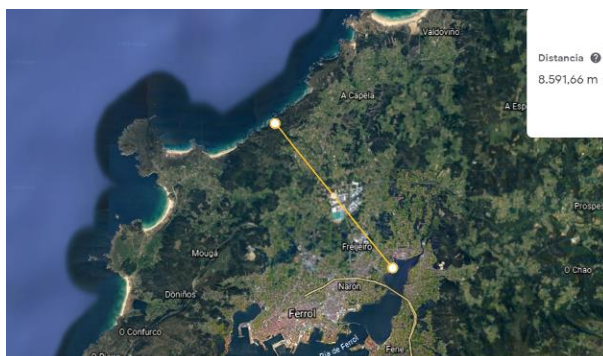




Figura 3.3.4.3.1.2.1. Visualización Punto 14.

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,867	18	8,6
2	8	0,494	32	4,9
2,5	8	0,534	50	9,0
3	8	0,672	72	20,6
3,5	8	0,241	98	3,6
1,5	9	2,096	20,25	65,3
2	9	0,804	36	17,1
2,5	9	0,563	56,25	13,1
3	9	0,54	81	17,3
3,5	9	0,511	110,25	21,1
1,5	10	3,072	22,5	178,4
2	10	1,539	40	79,6
2,5	10	1,074	62,5	60,6
3	10	0,396	90	11,9
3,5	10	0,569	122,5	33,3
1,5	12	5,749	27	952,5
2	12	13,335	48	9110,5
2,5	12	12,405	75	12318,9
3	12	10,211	108	12019,2
3,5	12	8,982	147	12658,4
				<b>23,8 TW</b>

Tabla 3.3.4.3.1.2.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 14. Elaboración propia.

### 3.3.4.3.2 Subestación Santa Mariña (Ferrol)

Estos puntos están cercanos al tránsito de buques de entrada al puerto de Ferrol, especialmente el punto 16. Esta área es extensa, por lo que si nos alejamos mar adentro, se evita la instalación del parque dentro de la Red Natura.

#### 3.3.4.3.2.1 Punto 15

Siguiendo la estela de puntos anteriores, se busca la línea más recta posible, minimizando los kilómetros de cable submarino, 3,5 km, hasta el fondo arenoso a 86 m de profundidad fuera de los límites de la Red Natura.

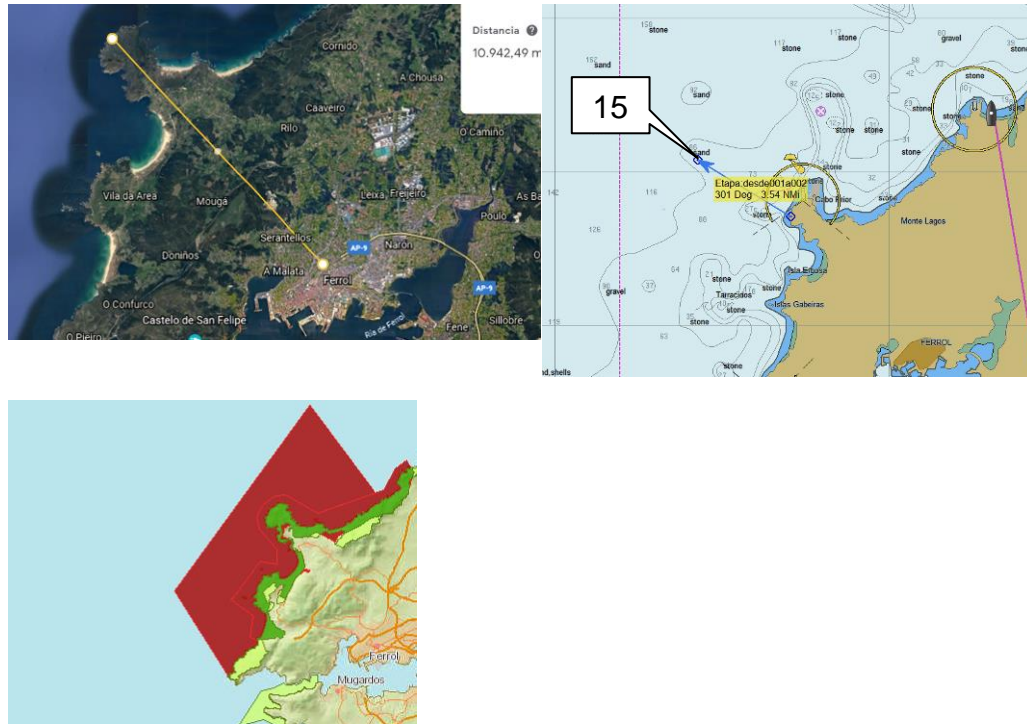


Figura 3.3.4.3.2.1.1. Visualización Punto 15.

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,867	18	7,1
2	8	0,494	32	4,1
2,5	8	0,534	50	7,5
3	8	0,672	72	17,0
3,5	8	0,241	98	3,0
1,5	9	2,096	20,25	54,4
2	9	0,804	36	14,2
2,5	9	0,563	56,25	10,9
3	9	0,54	81	14,4
3,5	9	0,511	110,25	17,6
1,5	10	3,072	22,5	149,4
2	10	1,539	40	66,7
2,5	10	1,074	62,5	50,7
3	10	0,396	90	9,9
3,5	10	0,569	122,5	27,9
1,5	12	5,749	27	806,2
2	12	13,335	48	7711,1
2,5	12	12,405	75	10426,6
3	12	10,211	108	10173,0
3,5	12	8,982	147	10714,0
				<b>20,1 TW</b>

Tabla 3.3.4.3.2.1.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 15. Elaboración propia.

### 3.3.4.3.2.2 Punto 16

Con salida de costa entre las playas de San Xurxo y Doniños, A 9,8 km se encuentra el punto 16 con una profundidad de 100 m y en el límite de la Red Natura.



Figura 3.3.4.3.2.2.1. Visualización Punto 16.

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,867	18	7,5
2	8	0,494	32	4,3
2,5	8	0,534	50	7,9
3	8	0,672	72	18,0
3,5	8	0,241	98	3,1
1,5	9	2,096	20,25	57,2
2	9	0,804	36	15,0
2,5	9	0,563	56,25	11,5
3	9	0,54	81	15,2
3,5	9	0,511	110,25	18,5
1,5	10	3,072	22,5	157,0
2	10	1,539	40	70,1
2,5	10	1,074	62,5	53,3
3	10	0,396	90	10,4
3,5	10	0,569	122,5	29,3
1,5	12	5,749	27	844,6
2	12	13,335	48	8078,3
2,5	12	12,405	75	10923,2
3	12	10,211	108	10657,5
3,5	12	8,982	147	11224,3
				<b>21,1 TW</b>

Tabla 3.3.4.3.2.2.1 Valores de potencia teórica extraible en Punto 16. Elaboración propia.

En resumen los puntos seleccionados en esta partición son

Punto	SUBESTACION	KV	CABLE TIERRA (KM)	FONDO	PROF. d (m)	CABLE SUBACUATICO (KM)	RED NATURA	TRAFICO MARÍT. / PESQUERO	% de picos	% de oleaje NO rentable	NUCLEOS URBANOS PROXIMOS	Potencia teórica Anual extraible (TW)
13	PIÑEIRO	132	14	ARENOSO	115	8,3	LIC Y ZEPa	ESCASO	5,6	10,1	VALDOVIÑO (6.600 Habitantes)	22,5
14	PIÑEIRO	132	8,6	ARENOSO	145	17,0	LIC Y ZEPa	ESCASO	6,2	10,5	FERROL y NARON (98.000 Habitantes)	23,8
15	STA MARIÑA	132	11	ARENOSO	86	6,5	LIC Y ZEPa	ESCASO	6,2	10,5	FERROL y NARON (98.000 Habitantes)	20,1
16	STA MARIÑA	132	8,6	ARENOSO	100	9,8	LIC Y ZEPa	ZONA DE PESCA	6,2	10,5	FERROL y NARON (98.000 Habitantes)	21,1

Tabla 3.3.4.3.1. Posibles ubicaciones Partición 3. Elaboración propia.

#### 3.3.4.4 Partición 4: De Puerto Ext. de La Coruña a Faro de Cabo Vilán.

Esta es la partición con mayor afluencia de tránsito, tanto por la entrada al Puerto exterior de la Coruña (comercial), como por la gran cantidad de poblaciones pesqueras cuyos barco, como se podrá ver en las capturas, tienen trayectorias muy diversas.

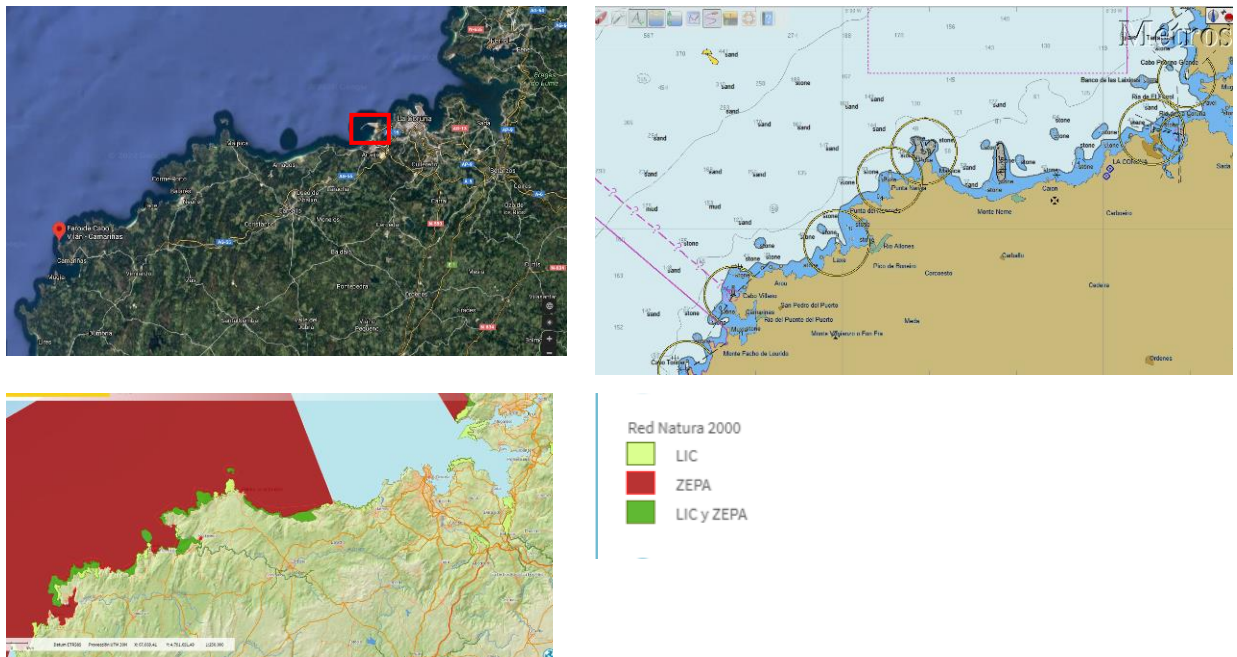


Figura 3.3.4.4.1. Visualización Partición 4.

### 3.3.4.4.1 Subestación Sabón-Puerto exterior

#### 3.3.4.4.1.1 Punto 17

Este punto se encuentra entre la trayectoria de entrada al puerto exterior y Puerto de la Coruña. Está próxima a la zona reservada para pruebas de prototipos.

Las necesidades energéticas en esta zona son elevadísimas.

Siempre que se defina bien la entrada a los diferentes puertos y tránsito entre ellos, es una ubicación factible, aunque poco extensa. El área disponible con fondo arenoso a 83 m de profundidad es escasa, por lo que no hay posibilidades de ampliación, pero al no pertenecer a la Red Natura, facilita los trámites.

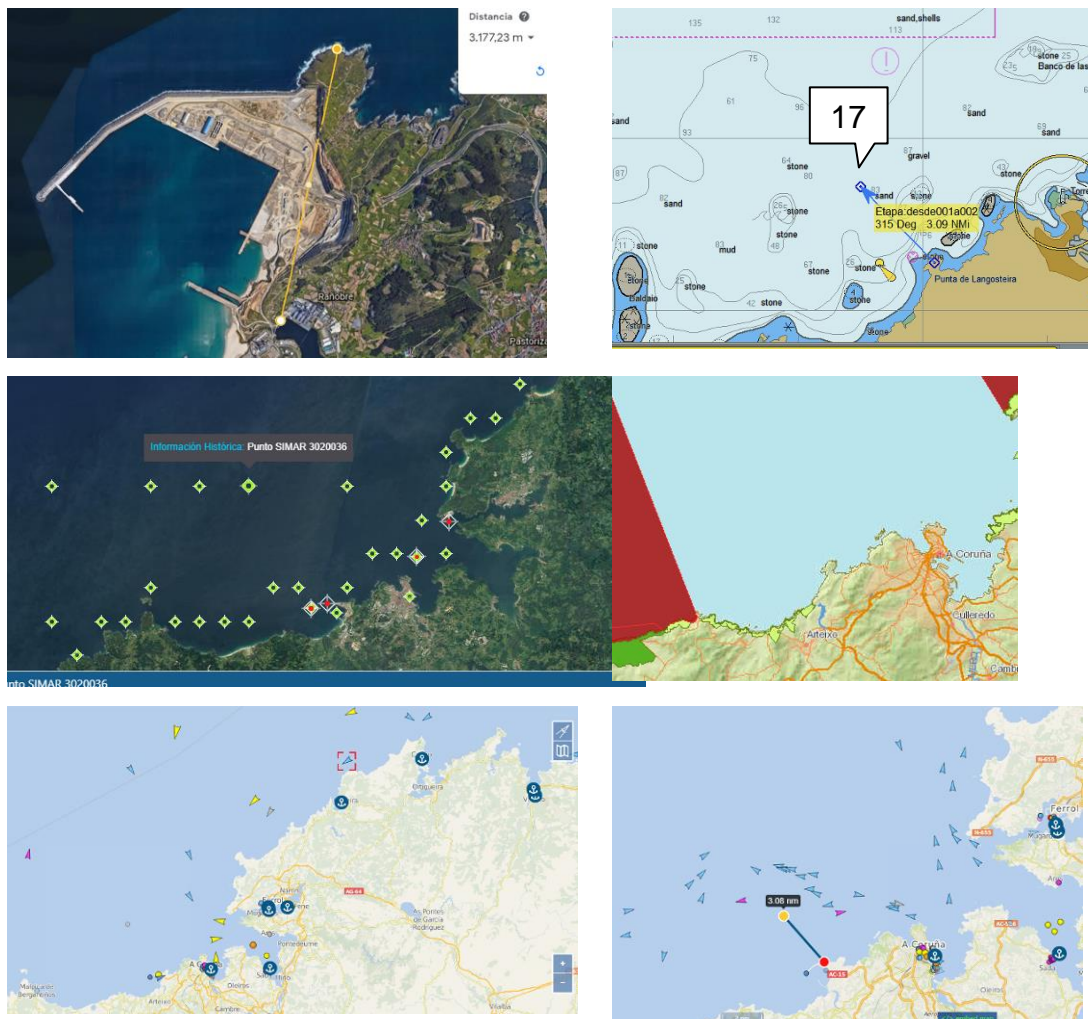


Figura 3.3.4.4.1.1. Visualización Punto 17.

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,85	18	6,7
2	8	0,425	32	3,0
2,5	8	0,747	50	14,4
3	8	0,5	72	9,3
3,5	8	0,138	98	1,0
1,5	9	2,251	20,25	62,0
2	9	0,942	36	19,3
2,5	9	0,672	56,25	15,3
3	9	0,477	81	11,1
3,5	9	0,413	110,25	11,4
1,5	10	3,222	22,5	162,5
2	10	1,665	40	77,1
2,5	10	0,971	62,5	41,0
3	10	0,505	90	16,0
3,5	10	0,494	122,5	20,8
1,5	12	6,719	27	1089,4
2	12	13,628	48	7967,5
2,5	12	13,335	75	11919,6
3	12	10,831	108	11323,4
3,5	12	8,235	147	8909,6
				<b>20,8 TW</b>

Tabla 3.3.4.4.1.1.1. Valores de potencia teórica extraíble en Punto 17. Elaboración propia.

### 3.3.4.4.2 Subestación Sabón.

Compatible con estudio del punto 17, aunque esta subestación es de 220 kV.



Figura 3.3.4.4.2.1. Visualización distancia Subestación de Sábón a costa (Punto17).

### 3.3.4.4.3 Polígono Carballo

#### 3.3.4.4.3.1 Punto 18

Área pequeña disponible de fondo arenoso a 59 m, perteneciente a la Red Natura y con afluencia esporádica de buques pesqueros.



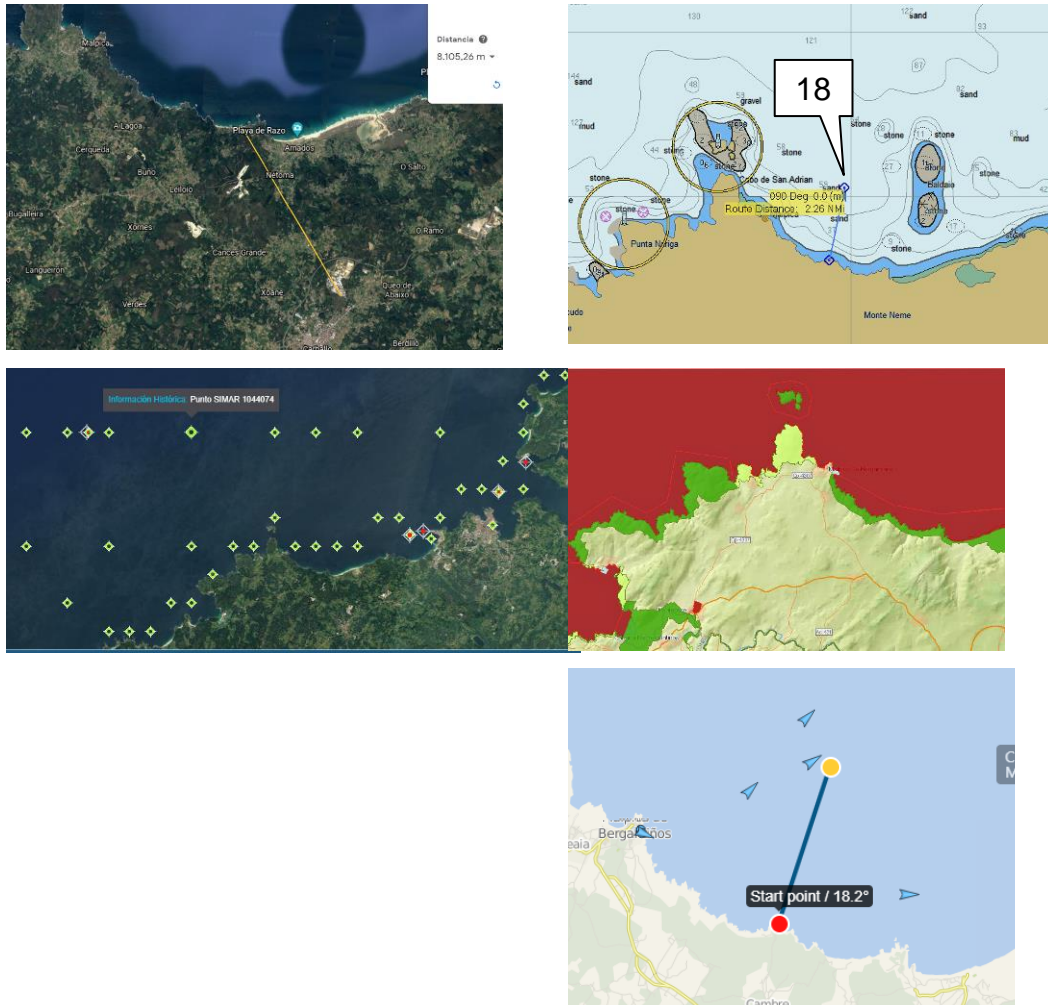


Figura 3.3.4.4.3.1.1. Visualización Punto 18.

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,856	18	6,1
2	8	0,592	32	5,2
2,5	8	0,614	50	8,7
3	8	0,815	72	22,0
3,5	8	0,706	98	22,5
1,5	9	1,935	20,25	41,0
2	9	0,85	36	14,1
2,5	9	0,551	56,25	9,2
3	9	0,718	81	22,6
3,5	9	0,465	110,25	12,9
1,5	10	3,015	22,5	127,8
2	10	1,51	40	57,0
2,5	10	1,149	62,5	51,6
3	10	0,391	90	8,6
3,5	10	0,586	122,5	26,3
1,5	12	4,692	27	480,9
2	12	12,054	48	5642,9
2,5	12	11,652	75	8238,7
3	12	9,826	108	8436,7
3,5	12	9,051	147	9743,3
				16,5 TW

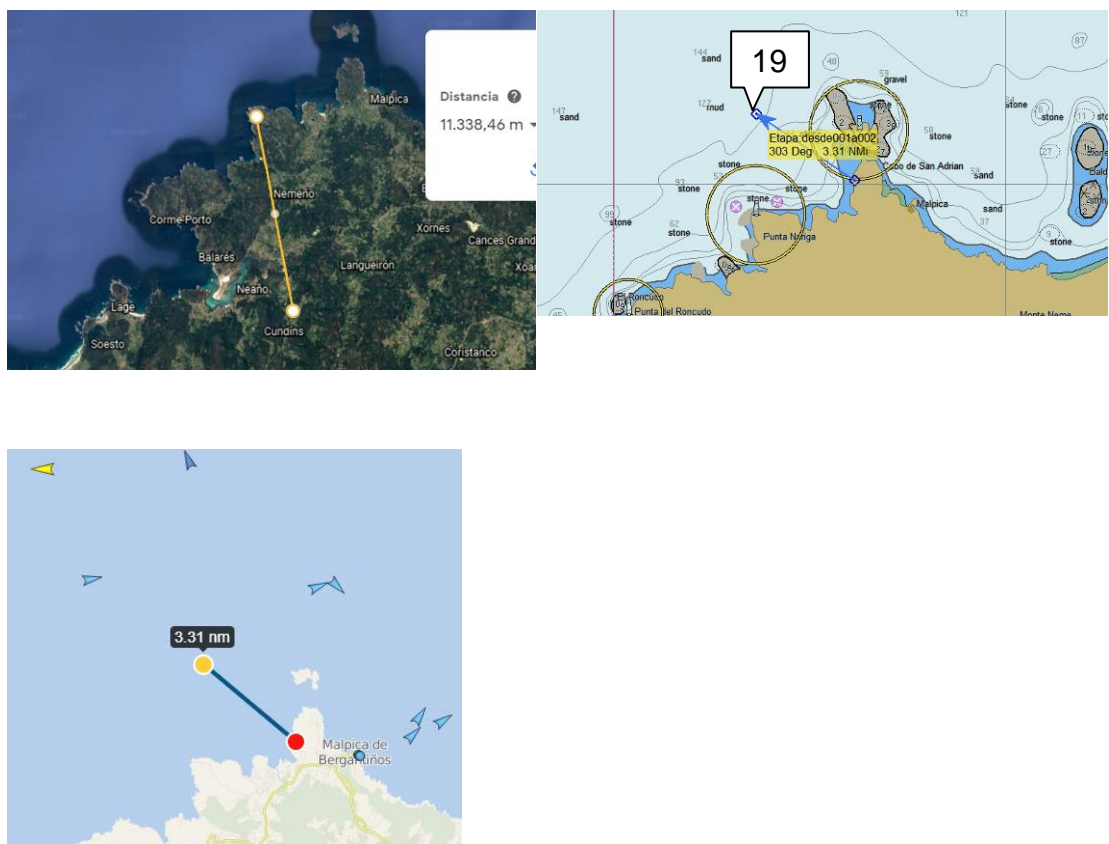
Tabla 3.3.4.4.3.1.1. Valores de potencia teórica extraible en Punto 18. Elaboración propia.

### 3.3.4.4.4 Subestación de A Cabana

Es de todas las subestaciones estudiadas la más alejada de la costa, a más de 10 km, lo que aumenta los costes.

#### 3.3.4.4.4.1 Punto 19

A 6 km de la costa se sitúa el punto 19, a profundidades mayores de 100 m. Esta es un área extensa para un parque undimotriz, aunque las poblaciones cercanas a suministrar electricidad son de baja densidad.



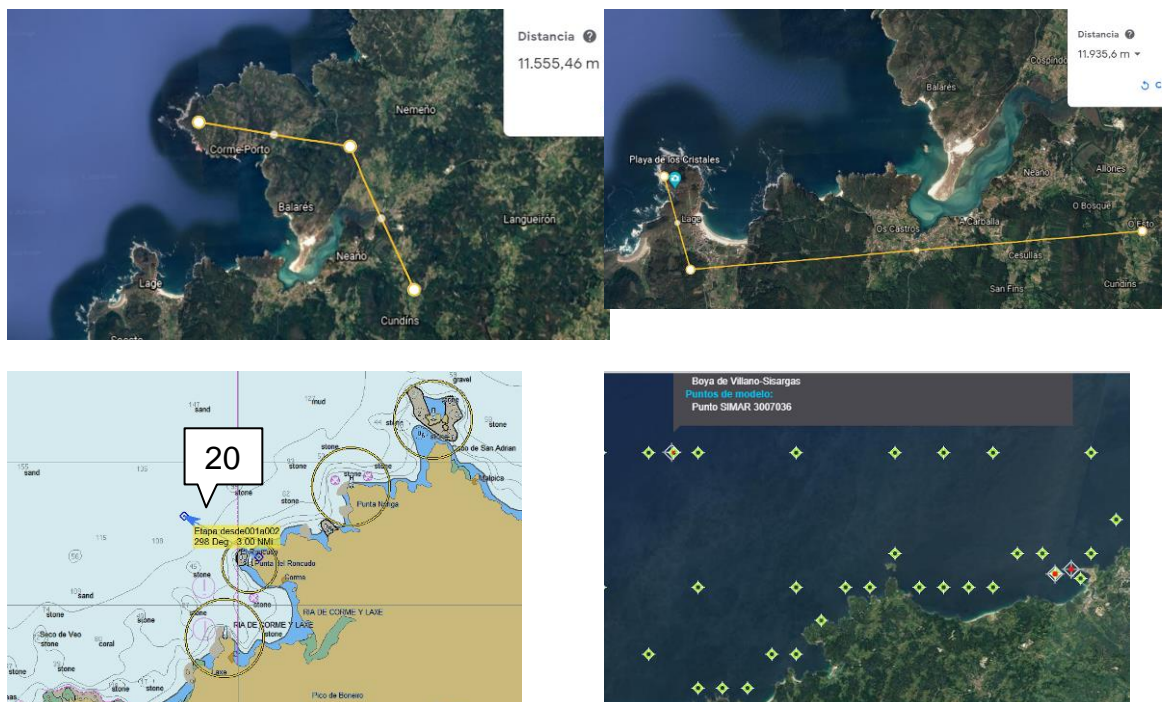
*Figura 3.3.4.4.1.1. Visualización Punto 19.*

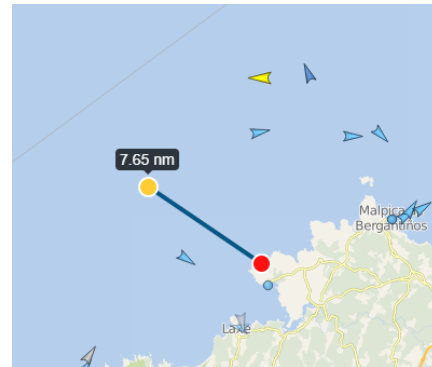
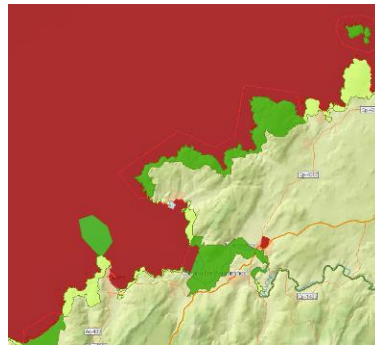
H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,856	18	7,3
2	8	0,592	32	6,2
2,5	8	0,614	50	10,4
3	8	0,815	72	26,4
3,5	8	0,706	98	27,0
1,5	9	1,935	20,25	48,8
2	9	0,85	36	16,7
2,5	9	0,551	56,25	11,0
3	9	0,718	81	26,9
3,5	9	0,465	110,25	15,3
1,5	10	3,015	22,5	151,3
2	10	1,51	40	67,4
2,5	10	1,149	62,5	61,0
3	10	0,391	90	10,2
3,5	10	0,586	122,5	31,1
1,5	12	4,692	27	562,6
2	12	12,054	48	6600,8
2,5	12	11,652	75	9637,3
3	12	9,826	108	9869,0
3,5	12	9,051	147	11397,4
				19,3 TW

Tabla 3.3.4.4.1.1. Valores de potencia teórica extraíble en Punto 19. Elaboración propia.

### 3.3.4.4.2 Punto 20

Este es un punto de baja energía, para profundidades de 100 m, como muestra la Tabla 3.3.4.4.2.1., y situado en Red Natura.



*Figura 3.3.4.4.2.1. Visualización Punto 20.*

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	1,884	18	35,3
2	8	1,64	32	47,5
2,5	8	1,53	50	64,6
3	8	1,36	72	73,5
3,5	8	0,659	98	23,5
1,5	9	2,311	20,25	69,6
2	9	2,152	36	107,3
2,5	9	1,11	56,25	44,6
3	9	0,573	81	17,1
3,5	9	0,561	110,25	22,3
1,5	10	3,244	22,5	175,1
2	10	5,098	40	768,8
2,5	10	3,463	62,5	554,3
3	10	2,03	90	274,3
3,5	10	1,463	122,5	193,9
1,5	12	2,817	27	202,8
2	12	8,03	48	2929,3
2,5	12	7,427	75	3915,5
3	12	7,073	108	5113,6
3,5	12	5,567	147	4311,8
				9,5 TW

*Tabla 3.3.4.4.2.1. Valores de potencia teórica extraible en Punto 20. Elaboración propia.*

### 3.3.4.4.5 Subestación de Vimianzo

#### 3.3.4.4.5.1 Punto 21

Este es un punto de baja energía, para profundidades de 100 m, y situado en Red Natura con afluencia de buques pesqueros.

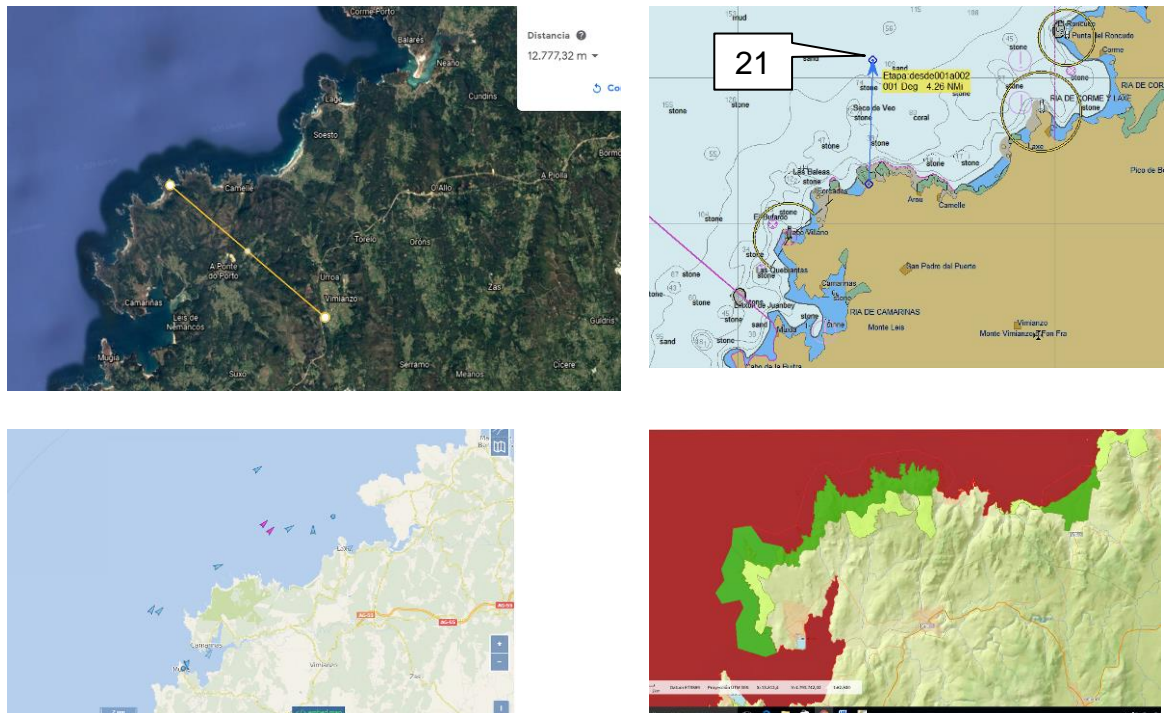


Figura 3.3.4.4.5.1.1. Visualización Punto 21.

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	1,884	18	35,3
2	8	1,64	32	47,5
2,5	8	1,53	50	64,6
3	8	1,36	72	73,5
3,5	8	0,659	98	23,5
1,5	9	2,311	20,25	69,6
2	9	2,152	36	107,3
2,5	9	1,11	56,25	44,6
3	9	0,573	81	17,1
3,5	9	0,561	110,25	22,3
1,5	10	3,244	22,5	175,1
2	10	5,098	40	768,8
2,5	10	3,463	62,5	554,3
3	10	2,03	90	274,3
3,5	10	1,463	122,5	193,9
1,5	12	2,817	27	202,8
2	12	8,03	48	2929,3
2,5	12	7,427	75	3915,5
3	12	7,073	108	5113,6
3,5	12	5,567	147	4311,8
				<b>9,5 TW</b>

Tabla 3.3.4.4.5.1.1. Valores de potencia teórica extraíble en Punto 21. Elaboración propia

### 3.3.4.4.5.2 Punto 22

Igual que el punto 21, éste es un punto de baja energía, para profundidades de 100 m, y situado en Red Natura con gran afluencia de buques pesqueros.

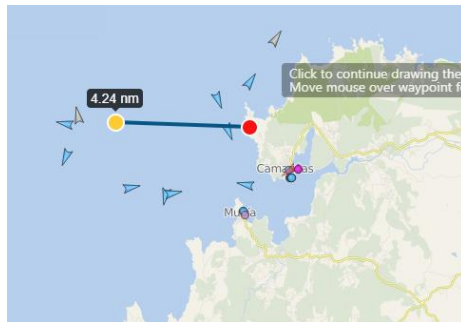
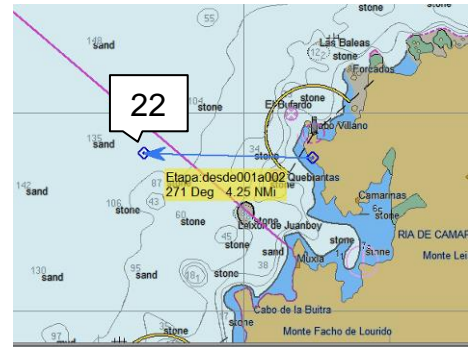
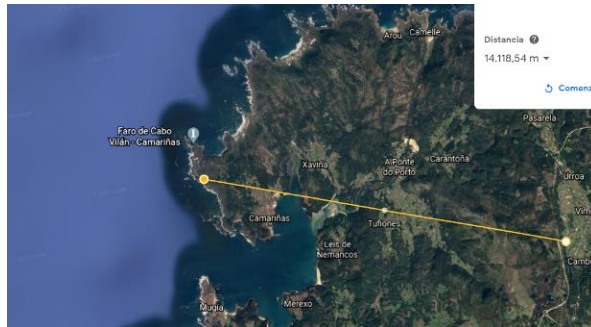


Figura 3.3.4.4.5.2.1. Visualización Punto 22.

H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	1,884	18	35,3
2	8	1,64	32	47,5
2,5	8	1,53	50	64,6
3	8	1,36	72	73,5
3,5	8	0,659	98	23,5
1,5	9	2,311	20,25	69,6
2	9	2,152	36	107,3
2,5	9	1,11	56,25	44,6
3	9	0,573	81	17,1
3,5	9	0,561	110,25	22,3
1,5	10	3,244	22,5	175,1
2	10	5,098	40	768,8
2,5	10	3,463	62,5	554,3
3	10	2,03	90	274,3
3,5	10	1,463	122,5	193,9
1,5	12	2,817	27	202,8
2	12	8,03	48	2929,3
2,5	12	7,427	75	3915,5
3	12	7,073	108	5113,6
3,5	12	5,567	147	4311,8
				9,5 TW

Tabla 3.3.4.4.5.2.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 22. Elaboración propia.

En resumen, las características de los puntos para la partición 4 son:

Punto	SUBESTACION	KV	CABLE TIERRA (KM)	FONDO	PROF. d (m)	CABLE SUBACUATICO (KM)	RED NATURA	TRAFICO MARÍT. / PESQUERO	% de picos	% de oleaje NO rentable	NUCLEOS URBANOS PROXIMOS	Potencia teórica Anual extraíble (TW)
17	SABON - PUERTO EXTERIOR	132	3,2	ARENOSO	83	5,7	NO	ENTRE ENTRADA PUERTO CORUÑA Y ENTRADA PUERTO EXTERIOR	4,9	9,7	LA CORUÑA (1,12 MILL Habitantes)	20,8
18	POLIGONO CARBALLO	66	8,1	ARENOSO	59	4,3	LIC Y ZEPA	ZONA DE PESCA	7,6	11,5	MALPICA (5.500 Habitantes) / BUÑO (6.400 Habitantes)	16,5
19	A CABANA	66	11,4	ARENOSO	100	6,1	LIC Y ZEPA	ESCASO	7,6	11,5	PONTECESO (5.600 Habitantes)	19,3
20	A CABANA	66	11,5	ARENOSO	100	5,6	LIC Y ZEPA	ESCASO	8,2	13,8	LAGE (3.100 Habitantes) / PONTECESO (5.600 Habitantes)	9,5
21	VIMIANZO	220/66	12,8	ARENOSO	100	7,9	LIC Y ZEPA	ZONA DE PESCA	8,2	13,8	CAMARIÑAS (5.300 Habitantes) / MUXÍA (4.700 Habitantes)	9,5
22	VIMIANZO	220/66	14	ARENOSO	100	7,8	LIC Y ZEPA	ZONA SALIDA PUERTO	8,2	13,8	CAMARIÑAS (5.300 Habitantes) / MUXÍA (4.700 Habitantes)	9,5

Tabla 3.3.4.4.1. Posibles ubicaciones Partición 4. Elaboración propia.

### 3.3.4.5 Partición 5: De Faro de Cabo Vilán a Muros

En esta partición prácticamente no existen fondos de arena.

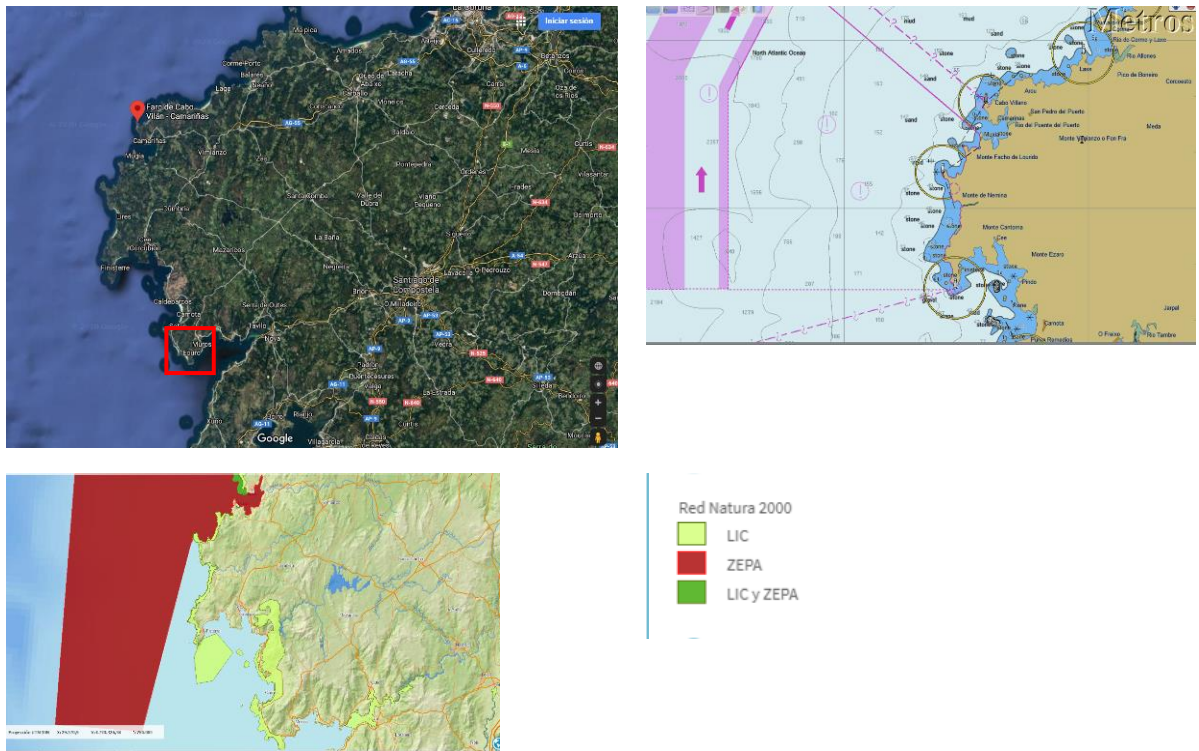


Figura 3.3.4.5.1. Visualización Partición 5.

### 3.3.4.5.1 Subestación Pontela (Corcubión)

#### 3.3.4.5.1.1 Punto 23

En este punto, con profundidades comprendidas entre 95 y 130 m, es una zona próxima a costa, 4,8 km, y queda en los límites del tráfico de entrada a los puertos de Muxía y Camariñas, pueblos costeros que podría abastecer, junto a Finisterre, también próxima.

La subestación eléctrica más cercana es la Subestación Pontela (Corcubión) a 15 km, éste es el punto mas desfavorable de esta ubicación.



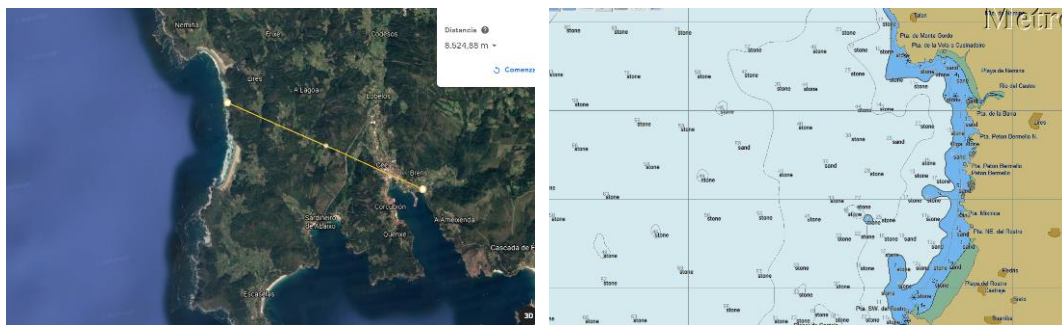
*Figuras 3.3.4.5.1.1.1. Visualización Punto 23.*



H	T	% H y T	P (KW/m)	Potencia anual GW
1,5	8	0,815	18	6,5
2	8	0,54	32	5,1
2,5	8	0,54	50	7,9
3	8	0,701	72	19,2
3,5	8	0,609	98	19,7
1,5	9	2,286	20,25	66,9
2	9	0,775	36	13,7
2,5	9	0,827	56,25	24,3
3	9	0,77	81	30,4
3,5	9	0,54	110,25	20,3
1,5	10	2,825	22,5	130,5
2	10	1,947	40	110,2
2,5	10	0,959	62,5	41,8
3	10	0,339	90	7,5
3,5	10	0,597	122,5	31,7
1,5	12	4,893	27	602,1
2	12	11,445	48	5856,4
2,5	12	11,945	75	9967,6
3	12	10,038	108	10136,2
3,5	12	8,919	147	10892,0
				<b>19,0 TW</b>

Tabla 3.3.4.5.1.1.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 23. Elaboración propia.

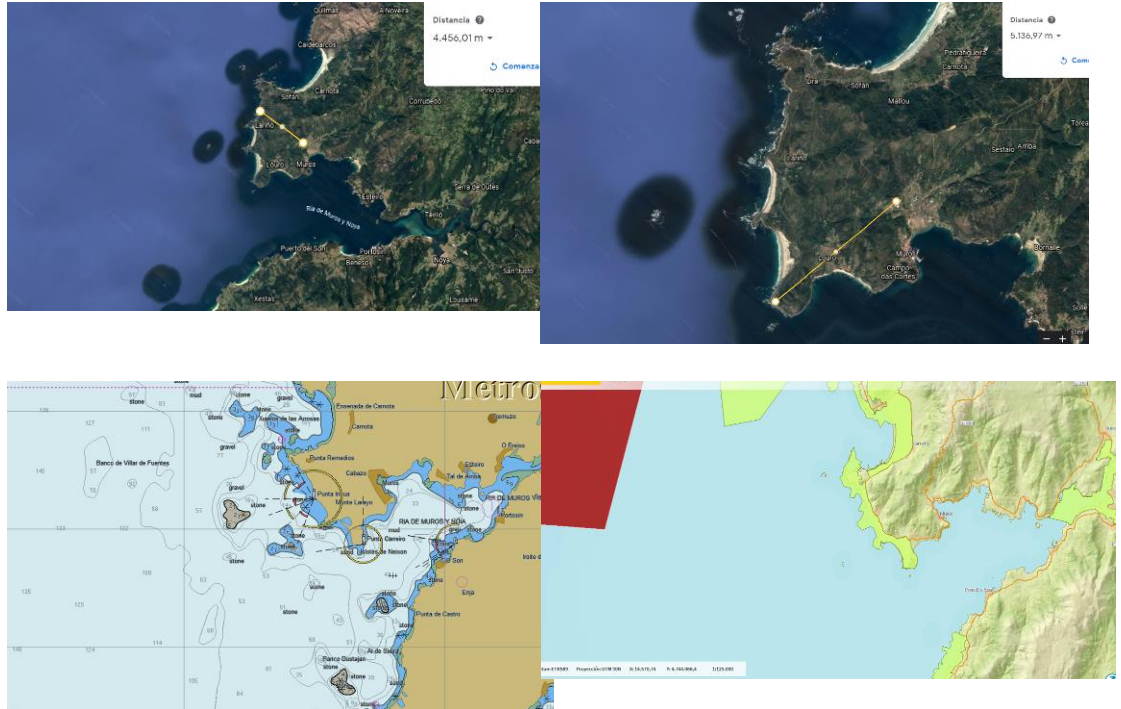
No existen más puntos desde la subestación Pontela, se trata de una zona de fondo rocoso.



Figuras 3.3.4.5.1.1.2. Visualización fondos en Partición 5.

### 3.3.4.5.2 Línea de 66 kV en Muros (Polígono-Parque eólico)

No se encuentran puntos de fondo arenoso cercanos a la costa.



Figuras 3.3.4.5.1.1.2. Visualización área colindante Subestación Muros.

En resumen, solo se ha establecido un punto compatible con la instalación de un parque undimotriz en la partición 5.

Punto	SUBESTACION	KV	CABLE TIERRA (KM)	FONDO	PROF. d (m)	CABLE SUBACUATICO (KM)	RED NATURA	TRAFICO MARÍT. / PESQUERO	% de picos	% de oleaje NO rentable	NUCLEOS URBANOS PROXIMOS	Potencia teórica Anual extraible (TW)
23	PONTELA	66	15	ARENOSO	95	4,8	LIC	ESCASO	7,6	11,4	FINISTERRE (4.700 Habitantes)	19

Tabla 3.3.4.5.1. Posibles ubicaciones Partición 5. Elaboración propia.



#### 4 CONCLUSIONES

Con los datos recopilados en el apartado 4, se obtiene una tabla de valores que ayudarán a seleccionar la mejor ubicación para un parque undimotriz.

Las directrices para esta selección tienen sus pros y contras:

Pros:

- ✓ A mayor período y altura de ola, mayor potencia.
- ✓ Menor distancia entre subestación eléctrica en tierra y ubicación elegida.
- ✓ Menor longitud de cable subterráneo.
- ✓ Próxima a núcleos urbanos/industria a quien abastecer.

Contras:

- ✓ El porcentaje de olas con picos de olas > 5 m, no aprovechable por la mayoría de los dispositivos.
- ✓ El porcentaje de olas <1,5 m, no aprovechable por la mayoría de los dispositivos.
- ✓ Zonas LIC/ZEPA (Las más restrictivas).
- ✓ Zonas de pesca/marisqueo.
- ✓ Zonas de ruta marítima de transporte.

Atendiendo como primera limitación zonas LIC/ZEPA, se obtiene finalmente las ubicaciones:

Punto	SUBESTACION	CABLE TIERRA (KM)	FONDO	PROF. d (m)	CABLE SUBMARINO (KM)	RED NATURA	TRAFICO MARÍT. / PESQUERO	% de picos	% de oleaje NO rentable	NUCLEOS URBANOS PROXIMOS	Potencia teórica Anual extraíble (TW)
2	BARREIROS	5,2	ARENOSO	65	5,1	NO	ESCASO	1,8	20,8	FOZ (10.000 Habitantes)	13,7
5	ALUMINA	5,74	ARENOSO	100	7,4	NO	CERCA DE ZONA DE FONDEO	2,5	10,2	BURELA (9.600 Habitantes)	22,8
15	STA MARIÑA	11	ARENOSO	86	6,5	LIC Y ZEPA	ESCASO	6,2	10,5	FERROL y NARON (98.000 Habitantes)	20,1
17	SABON - PUERTO EXTERIOR	3,2	ARENOSO	83	5,7	NO	ENTRE ENTRADA PUERTO CORUÑA Y ENTRADA PUERTO EXTERIOR	4,9	9,7	LA CORUÑA (1,12 Mill Habitantes)	20,8
23	PONTELA	15	ARENOSO	95	4,8	LIC	ESCASO	7,6	11,4	FINISTERRE (4.700 Habitantes)	19

*Tabla 4.1 Ubicaciones más óptimas. Elaboración propia.*

Los puntos 15 y 23 también han sido seleccionados, porque poseen rangos más óptimos, aunque pertenezcan a la Red Natura.

Si las zonas LIC/ZEPA, no llegan a ser un handicap, mediante un informe medioambiental positivo, y una tecnología de dispositivo propicia para esta situación, todas las ubicaciones serían situaciones óptimas a tener en cuenta por la empresa instaladora del parque.



*Figura 4.1 Ubicaciones más óptimas. Elaboración propia.*

Si bien en un principio todos los informes existentes sobre la potencia del oleaje en la costa cantábrica son esperanzadores, la realidad de la instalación de parques de energía undimotriz se ve limitada, al menos mientras no haya una voluntad política de regularización de estas instalaciones y una normativa específica al respecto, que sea más permisiva e incentive este tipo de instalaciones.

La pesca, el marisqueo, transporte marítimo y el turismo (impacto visual), son factores determinantes que pueden ejercer una presión comercial negativa. Por lo que habría que realizar una primera evaluación al respecto en comunicación directa con los grupos afectados, porque en algún momento terminarán por confluír. No obstante la mentalidad proambiental va más allá de preservar



nuestros recursos, la necesidad energética es siempre ascendente y tiene que compatibilizar con el respecto al medio ambiente. Este empuje ideológico que vivimos en estos tiempos es determinante.

Aunque el Ministerio de Industria haya establecido criterios previos de zonas aptas o de exclusión para los parques eólicos marinos (como protección medioambiental u otros criterios), al ser un sector energético similar pero no exactamente el mismo, siempre que se pueda defender mediante un informe técnico previo la viabilidad de este parque undimotriz (impacto de obras y mantenimiento/contaminación acústica /...), es razonable pensar que prevalecerá la implantación de parques de energías renovables.

El sector eólico marino en Galicia está a punto de despegar y es compatible con la explotación de energía undimotriz, es de esperar pensar, que estos dos sectores confluirán en ocasiones y en zonas offshore más alejadas a las estudiadas en este trabajo.

Cerca de la costa los límites establecidos por la protección de hábitats y aves incompatibiliza el sector eólico marino, pero no en cambio el aprovechamiento de energía undimotriz, y más, cuando se avanza en la reducción de los factores negativos (anclajes / amortiguación de ruido, ...).



## 5 LEGISLACION APLICABLE

- ✓ Ley 41/2010 de 29 de diciembre, de Protección del Medio Marino.
- ✓ Red Natura (Directiva de Aves 2009/147/CE, Directiva de Habitats 92/43/CE).
- ✓ Ley 22/1988, 28 de Julio, Ley de Costas.
- ✓ Reglamento General de Costas. TÍTULO III Utilización del dominio público marítimo-terrestre” / Artículo 60. Utilización del dominio público marítimo-terrestre”.
- ✓ Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre\_Ley de Costas.
- ✓ Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo donde se establece el marco de acción en la Estrategia Marina” de 2008.
- ✓ Ley 42/2007.
- ✓ Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio.
- ✓ Directiva (UE) 2018/2001.
- ✓ Directiva Europea 2009/28/CE del Parlamento Europeo y Consejo de 23 de abril de 2009.
- ✓ Real Decreto 661/2007. Regula la actividad de producción de energía eléctrica en Régimen especial.
- ✓ Real Decreto 1028/2007. Instalaciones Off-Shore productoras de energía eléctrica, con procedimientos para la autorización de instalaciones de generación de energía en el mar territorial. Sería necesario uno específico para energía marina.
- ✓ Ley 1/2012. Se suspende los incentivos económicos del Régimen especial.
- ✓ Ley 15/2012 del 27 de diciembre. Medidas fiscales para la sostenibilidad energética.
- ✓ Directiva Europea 2009/28/CE del Parlamento Europeo y Consejo de 23 de abril de 2009.
- ✓ El Plan Director de la Red de Áreas Marinas Protegidas de España - artículo 29\_de la Ley 41/2010, de 29 de diciembre.
- ✓ Directiva marco sobre la Estrategia Marina (Directiva 2008/56/CE).



- ✓ Convenio de Bonn sobre Especies Migratorias de Animales Silvestres (CMS)- Resolución 10.24 (noviembre 2011).
- ✓ Convenio OSPAR para la protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico del Nordeste.



## 6 BIBLIOGRAFÍA

- ✓ [1] “Evolución del Potencial de la Energía de las Olas”. Estudio Técnico PER 2011-2020. IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. <https://www.idae.es> (Fecha acceso 12/03/2020).
- ✓ [2]. OES / Offshore installations worldwide. <https://www.ocean-energy-systems.org/ocean-energy/gis-map-tool/> (Fecha de acceso 19/05/2020).
- ✓ [3] Red Eléctrica de España. <https://www.ree.es/es/> (Fecha de acceso 12/05/2020).
- ✓ [4] Eurostat. <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/> (Fecha de acceso 20/05/2020).
- ✓ [5] Comisión Europea/Energía, Cambio Climático, Medio Ambiente. [https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris\\_es](https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es) (Fecha de acceso 12/05/2020).
- ✓ [6] Ocean Power Technologies, Inc.  
<https://oceanpowertechnologies.com/pb3-powerbuoy/> (Fecha de acceso 15.06/2020).
- ✓ [7]. Blog Energética Futura. <https://energeticafutura.com/> (Fecha de acceso 12/05/2020).
- ✓ [8] AW Energy Oy. <http://aw-energy.com/waveroller/#projects> (Fecha de acceso 15/06/2020).
- ✓ [9] Puertos del Estado.  
[http://www.puertos.es/oceanografia\\_y\\_meteorologia/redes\\_de\\_medida/index.html](http://www.puertos.es/oceanografia_y_meteorologia/redes_de_medida/index.html) (Fecha de acceso 01/06/2020).
- ✓ [10] ABB Review 3/2006 “A wave of renewable energy.” Albert Leirbukt, Peter Tubaas.
- ✓ [11] Waveco AS. <https://www.waveco.no/technology.html> (Fecha de acceso 21/04/2020).





- ✓ [12] Seabased Group. <https://www.seabased.com/the-technology> (Fecha acceso 25/03/2020).
- ✓ [13] Wave Dragon. <http://www.wavedragon.net/> (Fecha acceso 25/03/2020).
- ✓ [14] Revista Ingeniería Naval. <https://sectormaritimo.es/dispositivo-undimotriz-wavestar-para-parques-eolicos> (Fecha acceso 25/07/2019).
- ✓ [15] Weptos. <http://www.weptos.com/technology>. (Fecha de acceso 12/04/2020)
- ✓ [16] Australian Renewable Energy Agency (ARENA). <https://arena.gov.au/renewable-energy/ocean/> (Fecha de acceso 18/06/2020)
- ✓ [17] reNEWS.BIZ. <https://renews.biz/57758/carnegie-advances-wave-kit-development/> (Fecha de acceso 03/02/2020).
- ✓ [18] SINN Power. <https://www.sinnpower.com/projects> (Fecha de acceso 18/06/2020).
- ✓ [19] Ocean Energy Europe <http://www.oceantecenergy.com/> (Fecha de acceso 18/05/2020).
- ✓ [20] Análisis del sector y de la cadena de valor vinculados a la Eólica Offshore y a la energía undimotriz / Energy Mare.
- ✓ [21] OES. <https://www.ocean-energy-systems.org/> (Fecha de acceso 24/04/2020).
- ✓ [22] Blog Energías Renovables Marinas. <http://energiasrenovablesmarinas.blogspot.com> (Fecha de acceso 24/11/2019).
- ✓ [23] “Detección de las tecnologías existentes para explotación de la energía Unidmotriz” / “Análisis del sector y de la cadena de valor vinculados a la Eólica Offshore y a la energía undimotriz” / Publicaciones de “Energy Mare”. <http://www.energymare.eu/> (Fecha acceso 21/05/2020).
- ✓ [24] Ingeniería Ghenova. <https://www ghenova.com/miami/> (Fecha acceso 21/05/2020).



- ✓ [25] Elementos clave y propuestas para el desarrollo de la eólica marina en España –AEE (Asociación Empresarial Eólica)-Diciembre 2019.
- ✓ [26] Puertos del estado. <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx> / Modelos de predicción de viento y oleaje / Puertos del Estado / Presentación Marta Gómez Lahoz. (Fecha de acceso 20/06/2020).
- ✓ [27] BIMEP. Plataforma de energía marina de Vizcaya. <https://www.energy.sener.es/proyectos/proyecto-bimep> (Fecha de acceso 20/05/2020).
- ✓ [28] Creus Sole A.,2004. “Energías Renovables” Ed Ceysa.
- ✓ [29] Red Europea de Gestores de Redes de Transporte de Electricidad <https://www.entsoe.eu/data/map/#5.73/41.88/2.457> (Fecha de acceso 14/05/2020).
- ✓ [30] Compañía eléctrica VIESGO. <https://www.viesgo.com/es/nuestro-negocio/distribucion/> (Fecha de acceso 14/05/2020).
- ✓ [31] Plan de ordenación del litoral / Xunta de Galicia / Título III-Capítulo 4 Energía.
- ✓ [32] La voz de Galicia 23/06/2019.
- ✓ [33] Visor de dominio Público Marítimo y terrestre. <https://sig.mapama.gob.es/dpmt/> (Fecha de acceso 14/05/2020).
- ✓ [34] Documento Técnico sobre impactos y mitigación de la contaminación acústica marina / Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- ✓ [35] Visores cartográficos del Ministerio para la Transición Ecológica. <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/bdn-visores.aspx> (Fecha de acceso 18/06/2020)
- ✓ [36] Aplicación Red Natura 2000 del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. [https://sig.mapama.gob.es/bdn/Red Natura 2000 Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico](https://sig.mapama.gob.es/bdn/Red_Natura_2000_Ministerio_para_la_transición_ecológica_y_el_reto_demográfico) (Fecha acceso 22/06/2020).
- ✓ [37] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/> (Fecha acceso 22/06/2020).



- ✓ [38] Rastreo de buques AIS de tráfico marítimo.  
<https://www.vesselfinder.com/es> (Fecha acceso 22/06/2020).
- ✓ [39] Google maps. <https://www.google.com/maps/> (Fecha acceso 22/06/2020).
- ✓ [40] (Hagerman, 2001). Haerman, George y Bedard, Roger / Guidelines for preliminary estimation of power production by offshore wave conversion devices. Electricity Innovation Institute 2003.
- ✓ [41] Instituto Argentino de Oceanografía.  
[/https://iado.conicet.gov.ar/index.php](https://iado.conicet.gov.ar/index.php) (Fecha de acceso 15/06/2020).
- ✓ Elementos clave y propuestas para el desarrollo de la eólica marina en España –AEE (Asociación Empresarial Eólica)-Diciembre 2019.
- ✓ “Estudio Estratégico Ambiental del Litoral Español (EEALE) para la Instalación de parques eólicos marinos”.
- ✓ Plan de ordenación del litoral / Xunta de Galicia / Título III-Capítulo 4 Energía.
- ✓ Iberdrola. <https://www.iberdrolarenovablesenergia.es/> (Fecha de acceso 12/04/2020)



## 7 INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Potencia media (kW/m) anual en el litoral español [1].

Figura 2.2. Potencia media (kW/m) y dirección media de la energía del oleaje [1].

Figura 2.3. Ubicación zona de experimentación ENERGY MARE y batimetría realizada mediante sonar de barrido lateral en puerto exterior de la Coruña [2].

Figura 3.1.1.1.1 Generación renovable sobre la generación total en España (en color verde) y en una selección de países miembros de ENTSO-E22 (color gris) [1].

Figura 3.1.2.1.1.1. PB3.

Figura 3.1.2.1.1.2. Power Buoy.

Figura 3.1.2.2.1.1. Oyster.

Figura 3.1.2.2.1.2. Wave Roller .

Figura 3.1.2.2.2.1. Esquema de funcionamiento de una turbina Wells “Ocean Wave Energy Weebly” y de un sistema OWC básico “Agencia Sinc”.

Figura 3.1.2.2.3.1 Sistema AWS.

Figura 3.1.2.2.3.2 Sistema Arquimedes Waveswing.

Figura 3.1.2.2.3.3 Sistema amarre IAMS.

Figura 3.1.2.2.4.1. Dispositivo Pelamis.

Figura 3.1.2.3.1.1. Prototipo “Buldra” de FO3.

Figura 3.1.2.3.2.1 Dispositivo WWP.

Figura 3.1.2.3.3.1 Tecnología WEC.



Figura 3.1.2.4.1.1. Prototipo Wave Dragon.

Figura 3.1.2.4.1.2. Prototipo Wave Plane.

Figura 3.1.2.4.2.1. Dispositivo Wave Star. Escala 1/2 2009.

Figura 3.1.2.4.2.2. Otros tipos de soluciones Wave Star.

Figura 3.1.2.4.3.1. Dispositivo WEPTOS.

Figura 3.1.2.5.1.1. Dispositivo mWaves.

Figura 3.1.2.5.2.1. Prototipo CETO 6 .

Figura 3.1.2.6.1.1. Rompeolas de Iraklio, Grecia 2019 y proyecto matriz flotante de 0,75 MW para 2021 [18].

Figura 3.1.2.7.1.1. Prototipo OCEANTEC [19].

Figura 3.1.2.8.1. Dispositivos creados de generación de energía undimotriz.

Figura 3.1.2.9.1. Comparación entre costes y competitividad Offshore vs Onshore. [23].

Figuras 3.1.2.9.2. Demostrador “Miami” escala 1:5 [24].

Figura 3.3.1.1. Localización boyas de medida. Elaboración propia.

Figuras 3.3.1.2. Base de datos de Puertos del Estado [26].

Figuras 3.3.2.1.1. Ejemplo de esquemas de distribución de un parque undimotriz [27].

Figura 3.3.2.1.2. Ejemplo de un sistema genérico de aprovechamiento [28].

Figura 3.3.2.1.4. Línea eléctrica entre Asturias y Galicia [30].



Figura 3.3.2.1.5. Mallado de la red eléctrica en Galicia [31].

Figura 3.3.2.1.6. Traspaso de la electricidad generada hasta los hogares.

Figura 3.3.2.2.1.1. Portada del “Documento Técnico sobre impactos y mitigación de contaminación acústica marina”.

Figura 3.3.2.2.1.2. Visor Red Natura 2000.

Figura 3.3.2.2.2.1 Zonas ZEPA en España.

Figura 3.3.2.3.1. Autopista del mar de Europa Occidental y puertos de entrada.

Figura 3.3.2.5.1. Posicionamiento de buques (AIS) [38].

Figura 3.3.2.6.1. Ubicación Parques de Acuicultura en Galicia [39].

Figura 3.3.3.1. Criterio de la selección de boya de recopilación de datos.

Figura 3.3.3.2. Diagrama de definición de una onda [41].

Figuras 3.3.4.1.1. Visualización de la Partición 1.

Figuras 3.3.4.1.1.1.1 Visualización del Punto 1.

Figuras 3.3.4.1.2.1.1 Visualización del Punto 2.

Figuras 3.3.4.1.3.1.1 Visualización del Punto 3.

Figuras 3.3.4.1.3.2.1 Visualización del Punto 4.

Figuras 3.3.4.1.4.1.1 Visualización del Punto 5.

Figura 3.3.4.2.1 Visualización Partición 2.

Figura 3.3.4.2.1.1.1 Visualización Punto 7.

Figura 3.3.4.2.2.1.1 Visualización Punto 8.

Figura 3.3.4.2.3.1. Visualización de los posibles puntos comunicables con la subestación de A Capelada.

Figura 3.3.4.2.3.1.1 Visualización Punto 9.

Figura 3.3.4.2.3.2.1 Visualización Punto 10.

Figura 3.3.4.2.3.3.1 Visualización Punto 11.

Figura 3.3.4.2.3.4.1 Visualización Punto 12.



Figura 3.3.4.3.1 Visualización Partición 3.

Figura 3.3.4.3.1.1.1. Visualización Punto 13.

Figura 3.3.4.3.1.2.1. Visualización Punto 14.

Figura 3.3.4.3.2.1.1. Visualización Punto 15.

Figura 3.3.4.3.2.2.1. Visualización Punto 16.

Figura 3.3.4.4.1. Visualización Partición 4.

Figura 3.3.4.4.1.1.1. Visualización Punto 17.

Figura 3.3.4.4.2.1. Visualización distancia Subestación de Sábón a costa.

Figura 3.3.4.4.3.1.1. Visualización Punto 18.

Figura 3.3.4.4.4.1.1. Visualización Punto 19.

Figura 3.3.4.4.4.2.1. Visualización Punto 20.

Figura 3.3.4.4.5.1.1. Visualización Punto 21.

Figura 3.3.4.4.5.2.1. Visualización Punto 22.

Figura 3.3.4.5.1. Visualización Partición 5.

Figuras 3.3.4.5.1.1.1. Visualización Punto 23.

Figuras 3.3.4.5.1.1.2. Visualización fondos en Partición 5.

Figuras 3.3.4.5.1.1.2. Visualización área colindante Subestación Muros.

Figura 4.1 Ubicaciones más óptimas.



## 8 INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1.1.1.2.1 Consumo de energía en el transporte: % de energías procedente de fuentes renovables / Eurostat [4].

Tabla 3.1.1.2.1. Comparativa objetivos 2030.

Tabla 3.1.2.1 Clasificación de dispositivos de conversión undimotriz.

Tabla 3.3.2.2.1.1. Acciones para reducir contaminación acústica.

Tabla 3.3.3.1. Tabla Hs vs Tp durante el 2019. Boya de Estaca de Bares.

Tabla 3.3.3.1. Valores de potencia teórica extraible en la Boya de Estaca de

Bares. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.1.1.1.1.1. Valores de potencia teórica extraible en Punto 1. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.1.2.1.1.1. Valores de potencia teórica extraible en Punto 2. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.1.3.1.1.1. Valores de potencia teórica extraible en Punto 3. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.1.3.2.1.1. Valores de potencia teórica extraible en Punto 4. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.1.4.1.1.1.1. Valores de potencia teórica extraible en Punto 5. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.1.4.2.1.1.1. Valores de potencia teórica extraible en Punto 6. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.1.1. Posibles ubicaciones Partición 1. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.2.1.1.1.1.1. Valores de potencia teórica extraible en Punto 7. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.2.2.1.1.1.1.1. Valores de potencia teórica extraible en Punto 8. Elaboración propia.





Tabla 3.3.4.2.3.1.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 9. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.2.3.2.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 10. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.2.3.3.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 11. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.2.3.4.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 12. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.2.1. Posibles ubicaciones Partición 2. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.3.1.1.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 13. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.3.1.2.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 14. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.3.2.1.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 15. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.3.2.2.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 16. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.3.1. Posibles ubicaciones Partición 3. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.4.1.1.1. Valores de potencia teórica extraíble en Punto 17. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.4.3.1.1. Valores de potencia teórica extraíble en Punto 18. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.4.4.1.1. Valores de potencia teórica extraíble en Punto 19. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.4.4.2.1. Valores de potencia teórica extraíble en Punto 20. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.4.5.1.1. Valores de potencia teórica extraíble en Punto 21. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.4.5.2.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 22. Elaboración propia.



Tabla 3.3.4.4.1. Posibles ubicaciones Partición 4. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.5.1.1.1 Valores de potencia teórica extraíble en Punto 23. Elaboración propia.

Tabla 3.3.4.5.1. Posibles ubicaciones Partición 5. Elaboración propia.

Tabla 4.1 Ubicaciones más óptimas. Elaboración propia.



## 9 INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 3.1.2.8.1. Dispositivos creados de generación de energía undimotriz [20].

Gráfica 3.3.3.1. Altura significativa del oleaje durante 2018. Boya de Estaca de Bares.

Gráfica 3.3.3.2. Altura significativa de Boya SIMAR 3056040 durante el 2019.

Gráfico 3.3.3.3. Compartiva evolución T de 1996 a 2019. Elaboración propia.

Gráficos 3.3.3.4. Compartiva evolución H de 1996 a 2019. Elaboración propia.