



DESAL +

Plataforma macaronésica para el incremento de la excelencia en materia de I+D en desalación de agua y del conocimiento del nexo agua desalada-energía (MAC/1.1a/094)

Aplicación de la energía undimotriz en plantas desaladoras. Caso práctico: IDAM

Arucas-Moya. Norte de Gran Canaria

Susana Rodríguez Domínguez, Tecnólogo (PLOCAN)

Beatriz Del Río Gamero, Investigador Doctor en proyectos (ULPGC, GRRES)

Evento final del proyecto DESAL+: presentación de resultados



DESAL+
Laboratorio de I+D en Desalación



MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

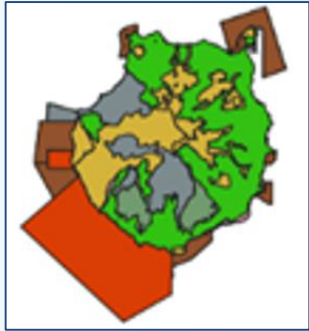
Interreg 
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

OBJETIVO

Sentar las bases para una futura instalación de prototipos que aprovechen la energía undimotriz para suministrar la electricidad necesaria para abastecimiento eléctrico de una IDAM modelo.

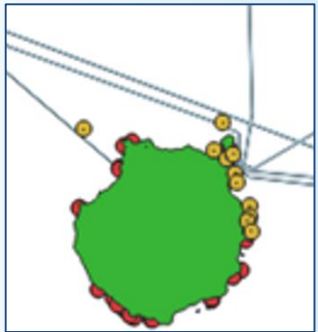
1. Gran Canaria. Análisis de las zonas viables de implantación

Áreas naturales protegidas

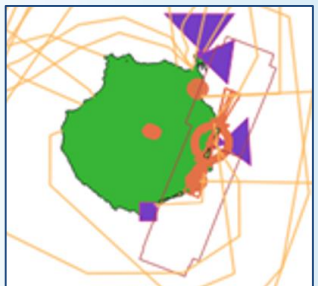


Red Natura 2000

- Áreas de especial protección para las aves
- Zonas de protección especial
- Zonas de importancia comunitaria en términos de hábitats

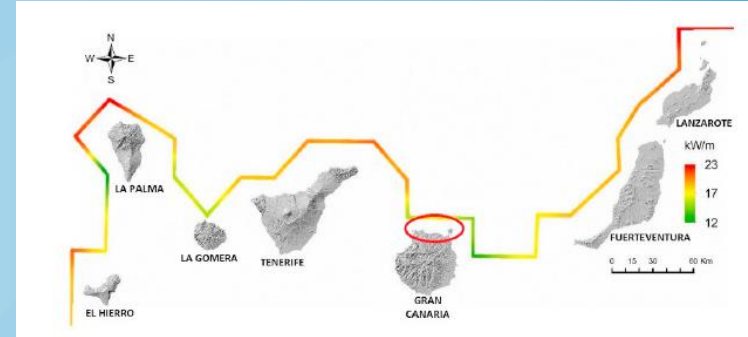


- Transporte marítimo regular
- Concesiones acuícolas
- Puertos
- Boyas



- Zonas militares
- Cables submarinos
- Servidumbres aeronáuticas
 - Servidumbres de operación
 - Servidumbres radioeléctricas

Potencia media anual undimotriz



2. Planta desaladora Arucas-Moya



Año 2017
Capacidad nominal 15 000 m³/día
Consumo anual 18 987 MWh/año



DESAL+
Laboratorio de I+D en Desalación



MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



3. Zona piloto

ASPECTOS CLAVE

- La morfología del fondo marino.
- El potencial energético del oleaje.
- Las limitaciones territoriales.
- Las infraestructuras eléctricas disponibles en tierra para la conexión.
- El estado del arte de la tecnología undimotriz.
- La legislación vigente (procedimientos legales y administrativos).



DESAL+
Laboratorio de I+D en Desalación




MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg 
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

1. Descripción del entorno marino
2. Energía Undimotriz y WEC's
3. Demanda energética de la EDAM
4. Marco legislativo



DESAL+
Laboratorio de I+D en Desalación



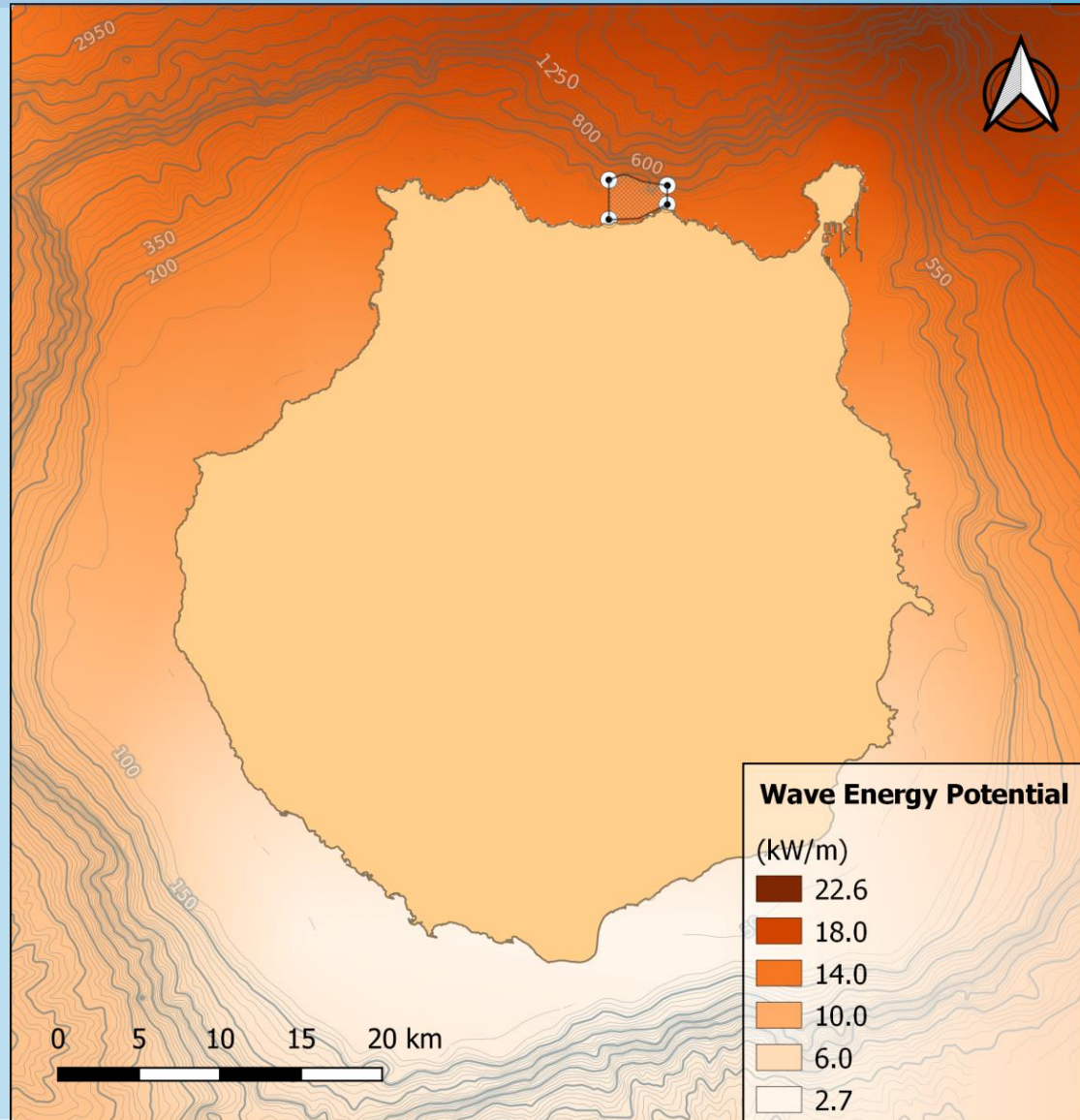
MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg 
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

1. Descripción del entorno marino

1. Descripción del entorno marino POTENCIAL ENERGÉTICO

Figura: Energía undimotriz (bruta) disponible en la costa de la isla de Gran Canaria.



1. Descripción del entorno marino

POTENCIAL ENERGÉTICO

Idoneidad para la producción undimotriz

Flujo de energía disponible (kW/m)	15
Oleaje (H_s , m)	$1 < H_s < 5$
Oleaje (T_p , s)	$5 < T_p < 15$

Idoneidad estructural

Viento medio horario (V_{50} , m/s)	< 40
Oleaje (H_{50} , m)	< 15
Corriente (C_{50} , m/s)	< 1
Batimetría (m)	< 300
Pendiente (%)	< 25

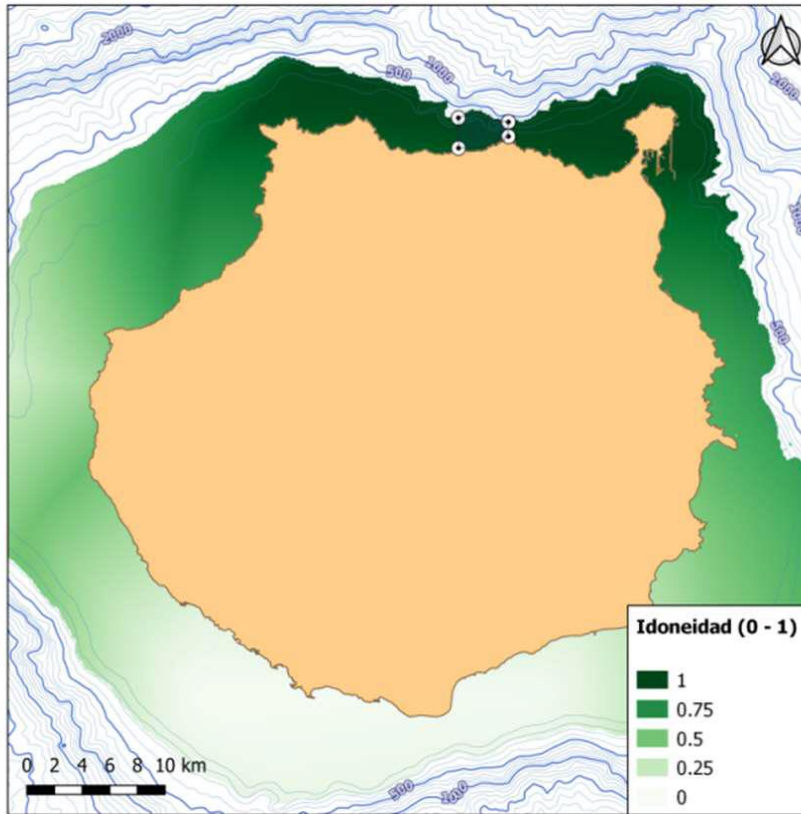
Idoneidad operativa

Distancia a puerto (km)	< 40
Viento (V , m/s)	< 15
Oleaje (H_s , m)	< 2

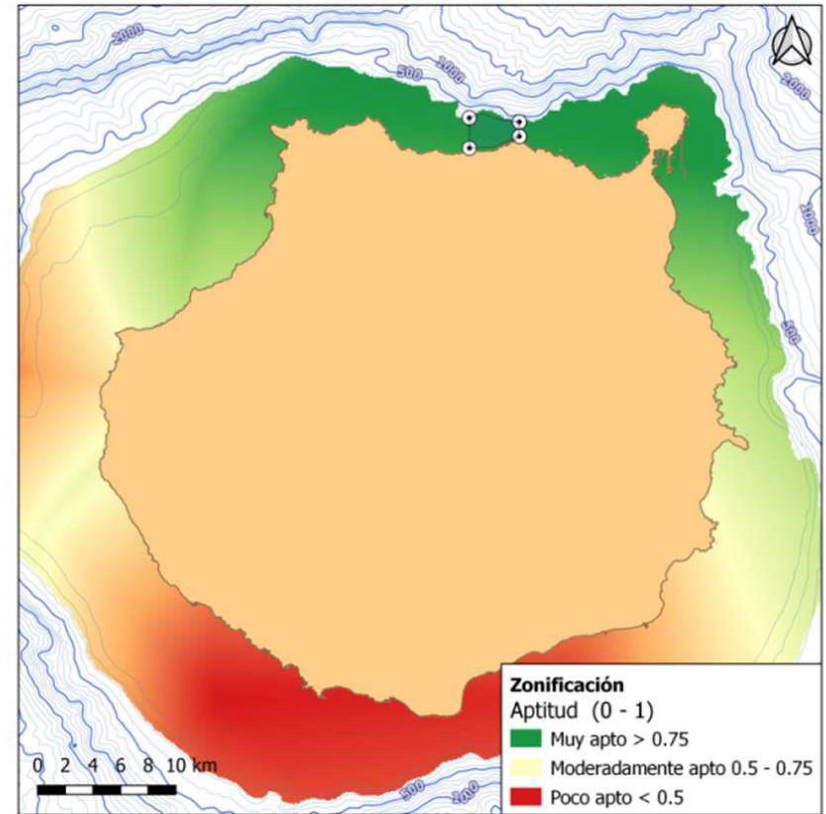


1. Descripción del entorno marino POTENCIAL ENERGÉTICO

Mapa de idoneidad energía undimotriz

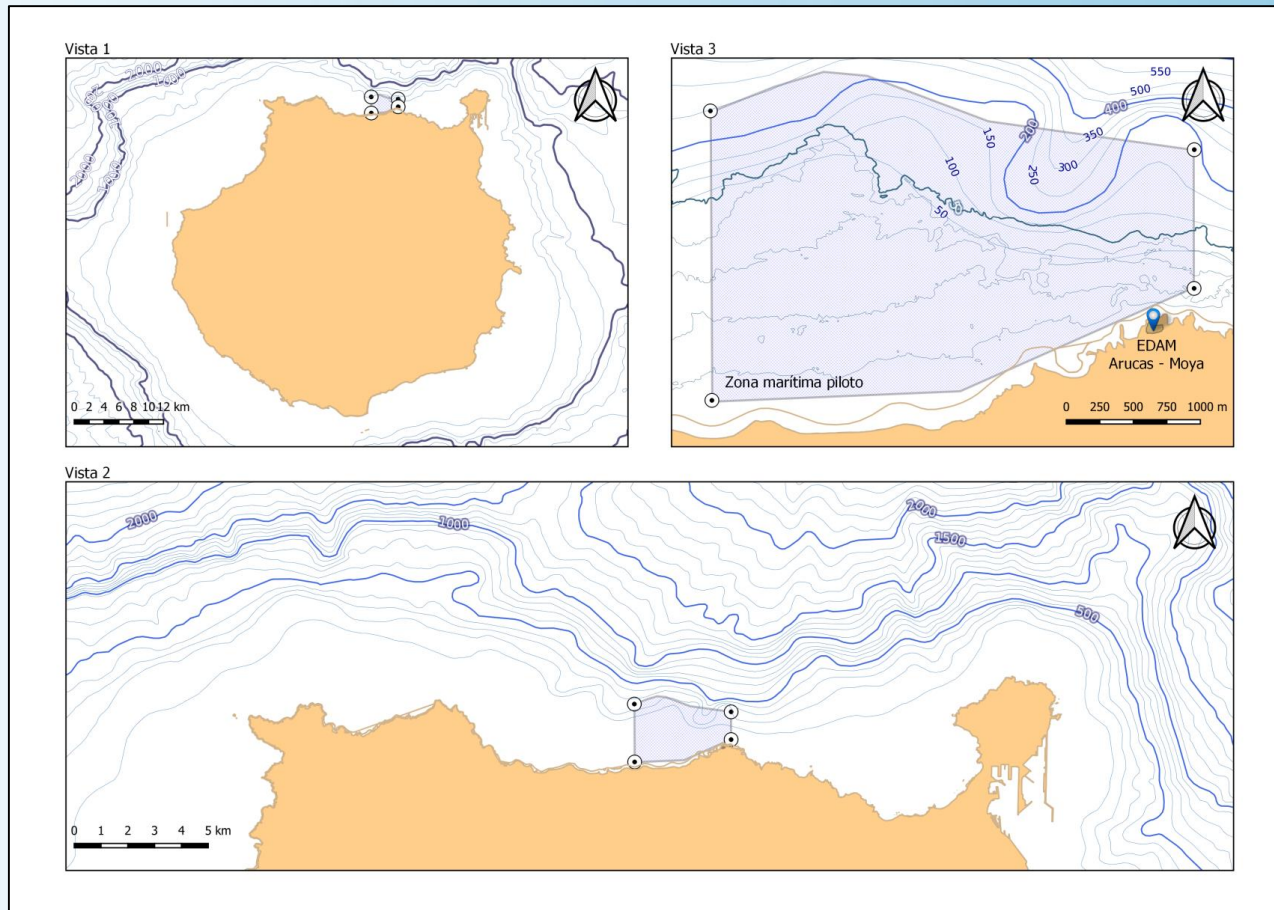


Mapa de zonificación energía undimotriz



1.Descripción del entorno marino

DEFINICIÓN DEL ÁREA PILOTO



Litoral del municipio de Arucas (costa norte de Gran Canaria)

Área: 7,82 km²

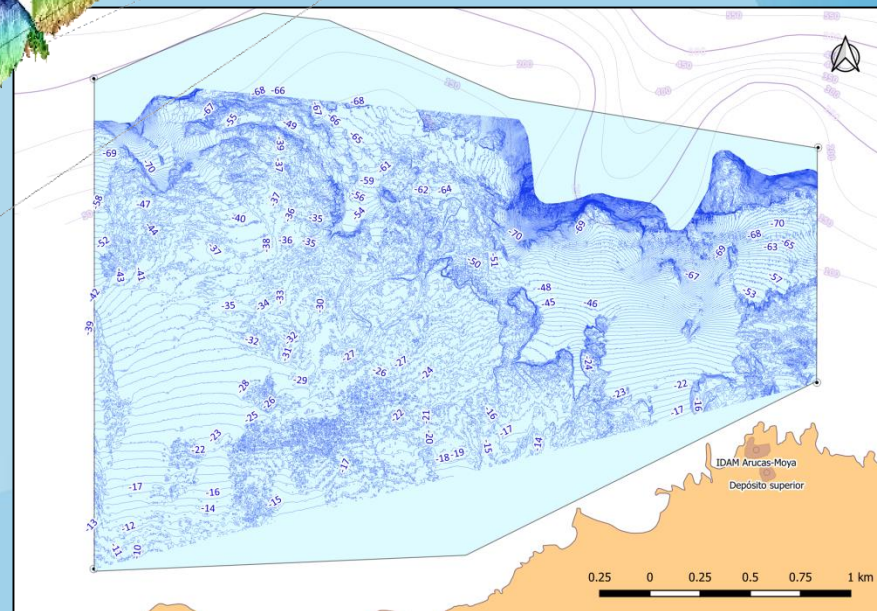
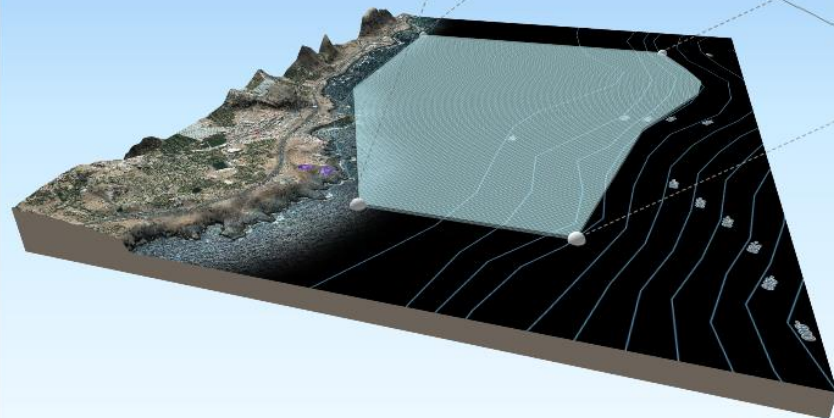
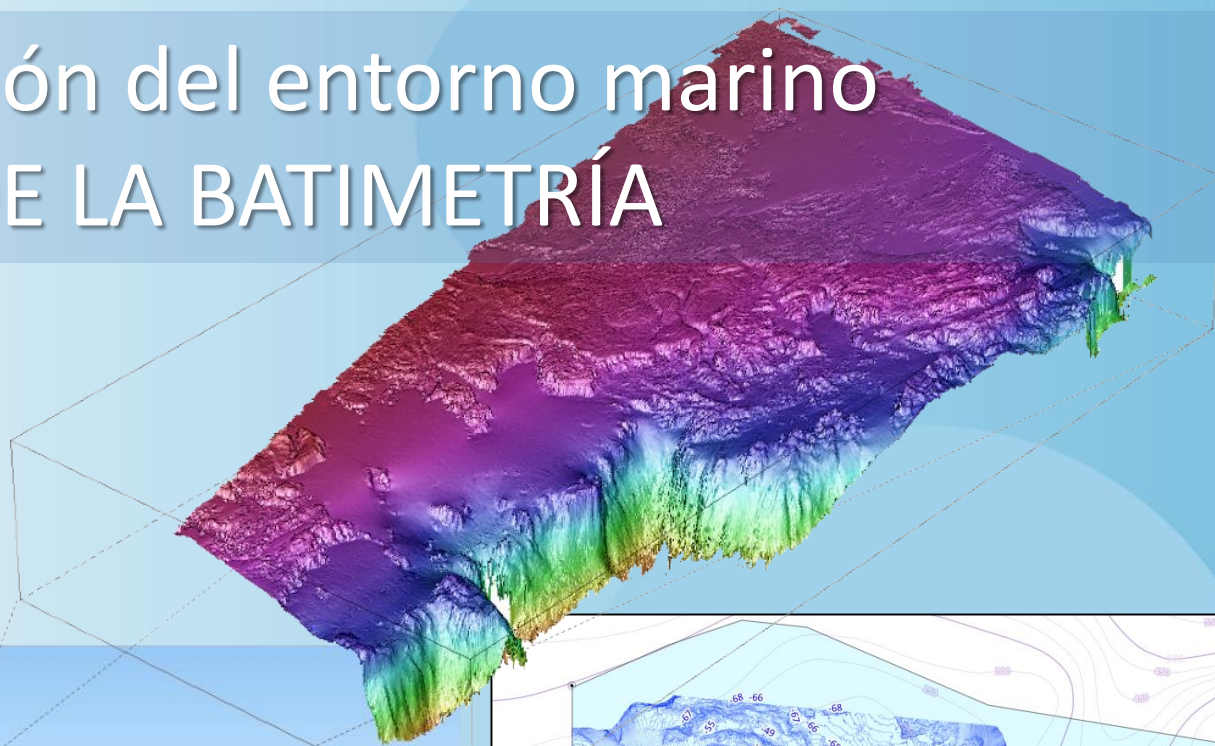
Prof.: hasta los 200 m

Distancia: desde costa hasta 2,36 km

Ancho de costa: 3,31 km

1.Descripción del entorno marino

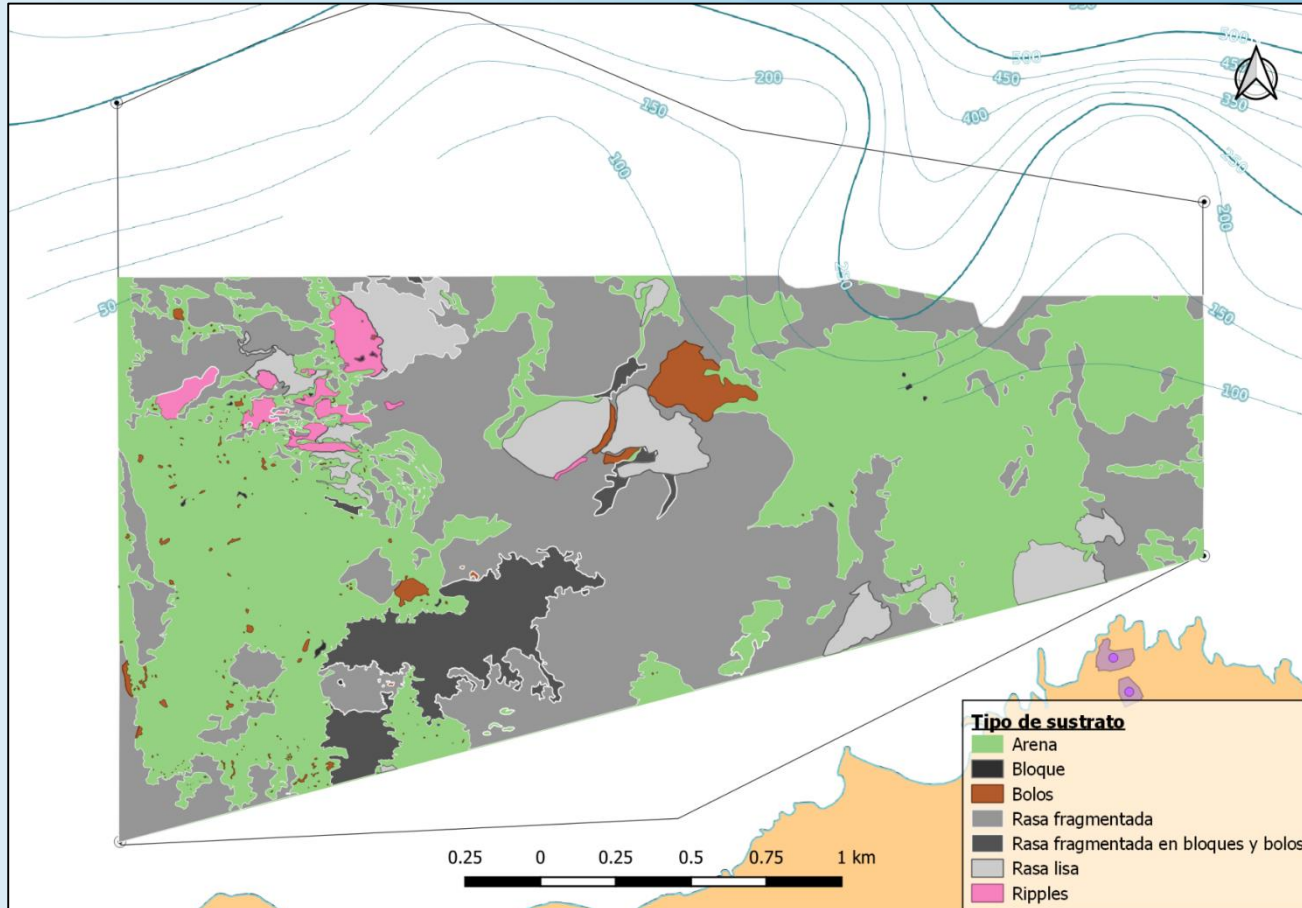
ESTUDIO DE LA BATIMETRÍA



1.Descripción del entorno marino

MORFOLOGÍA DEL FONDO MARINO I

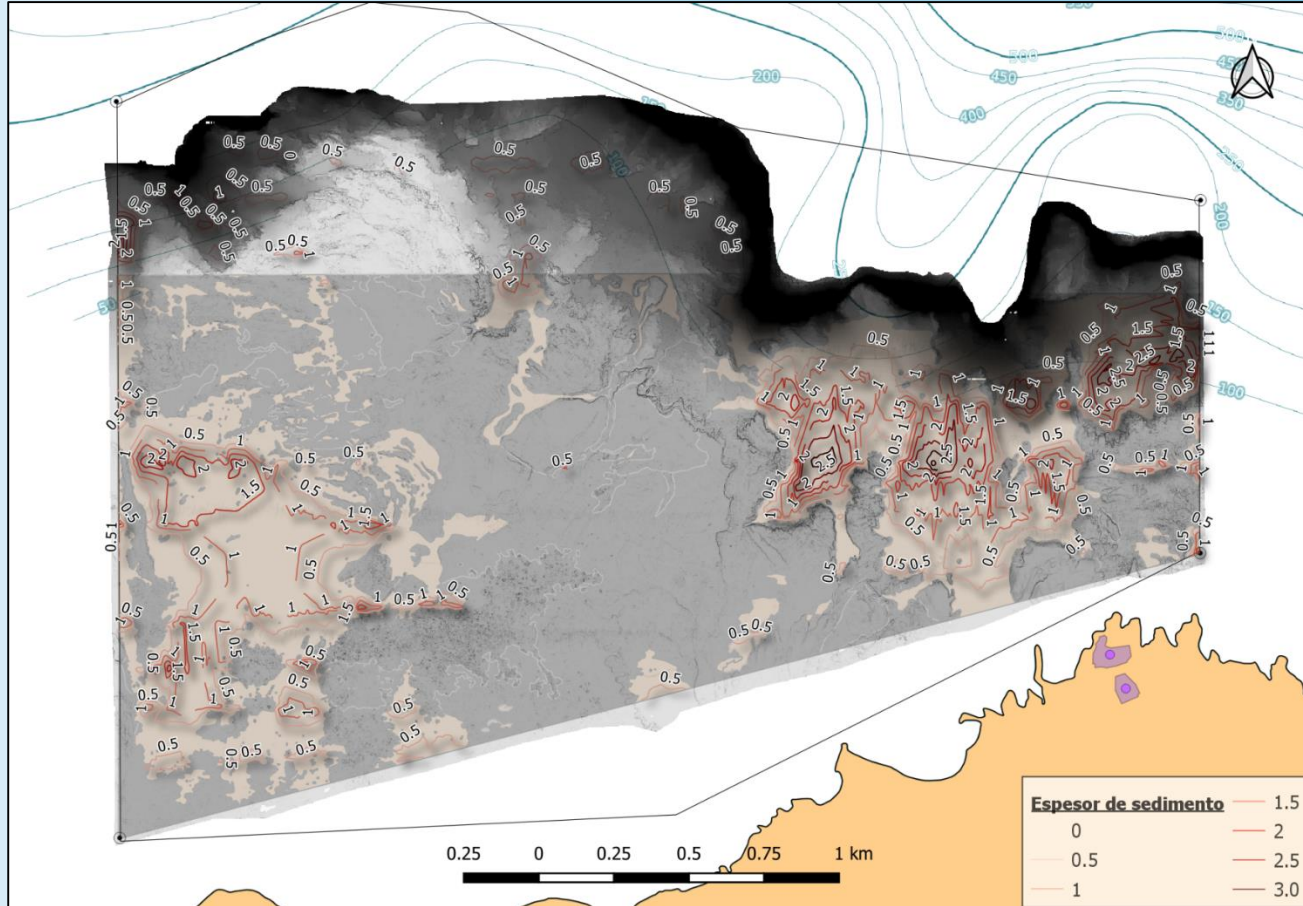
TIPOS DE SUSTRATO



1.Descripción del entorno marino

MORFOLOGÍA DEL FONDO MARINO II

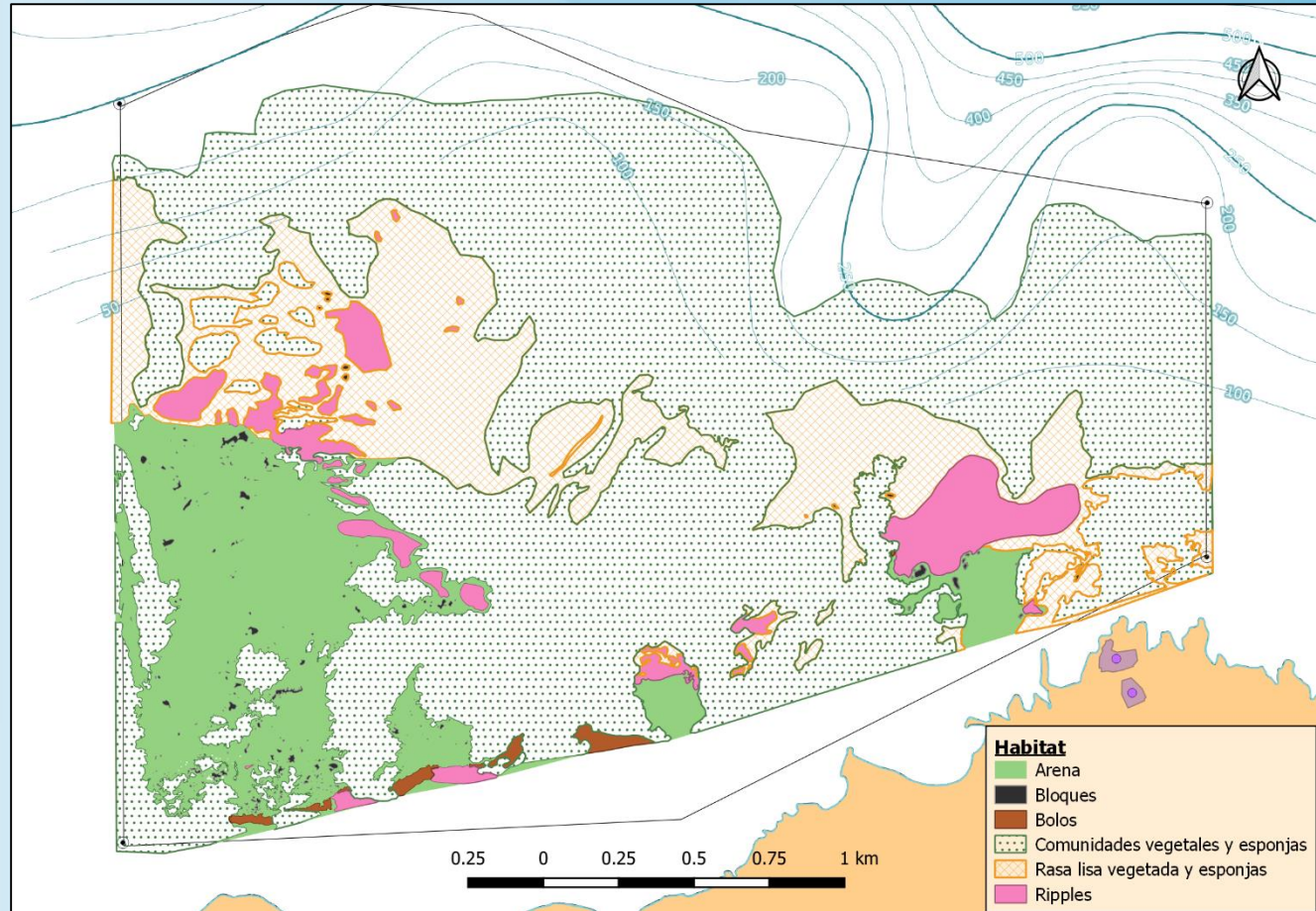
ESPESOR DE SEDIMENTO



1.Descripción del entorno marino

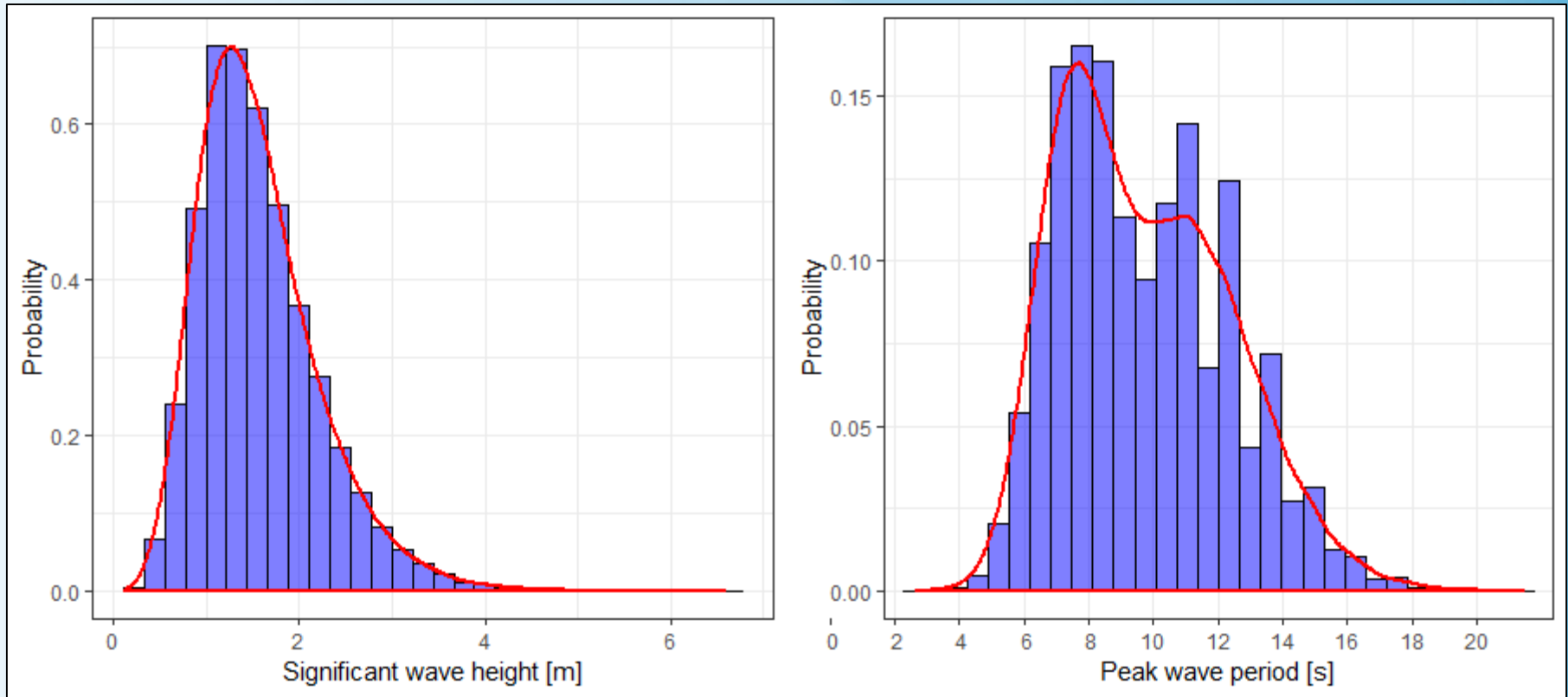
MORFOLOGÍA DEL FONDO MARINO III

HABITATS



1. Descripción del entorno marino

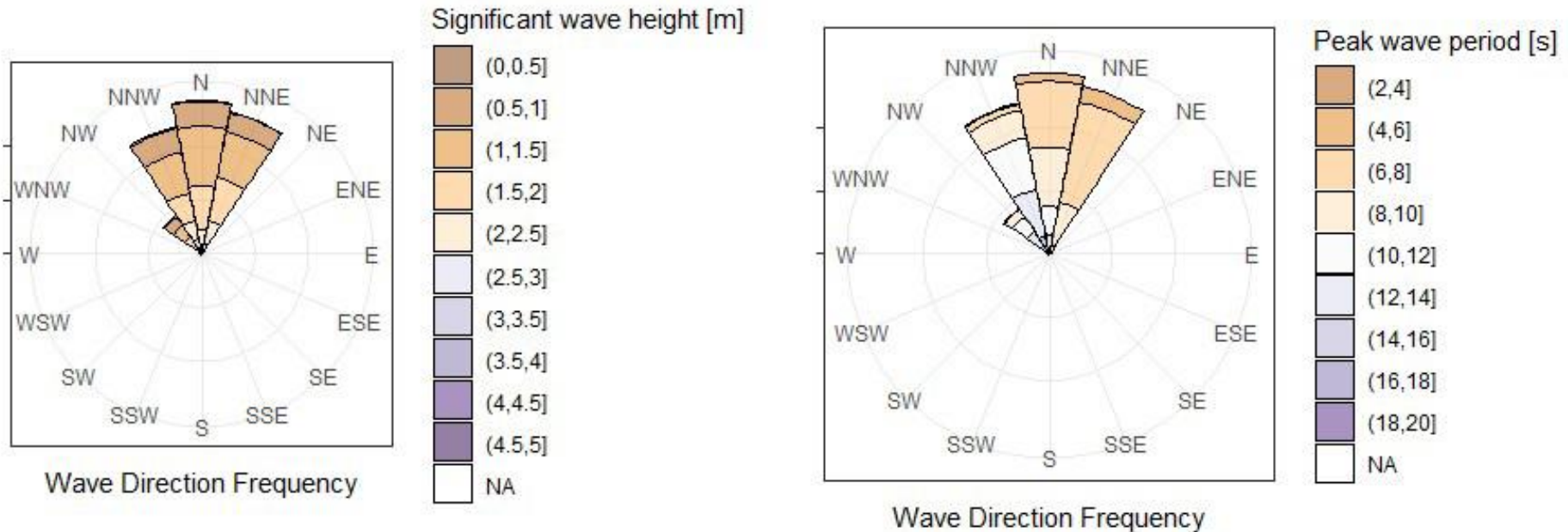
EVALUACIÓN DEL RECURSO I



Distribución probabilística total de la altura de ola significativa (H_s) y del período de ola pico (T_p)

1.Descripción del entorno marino

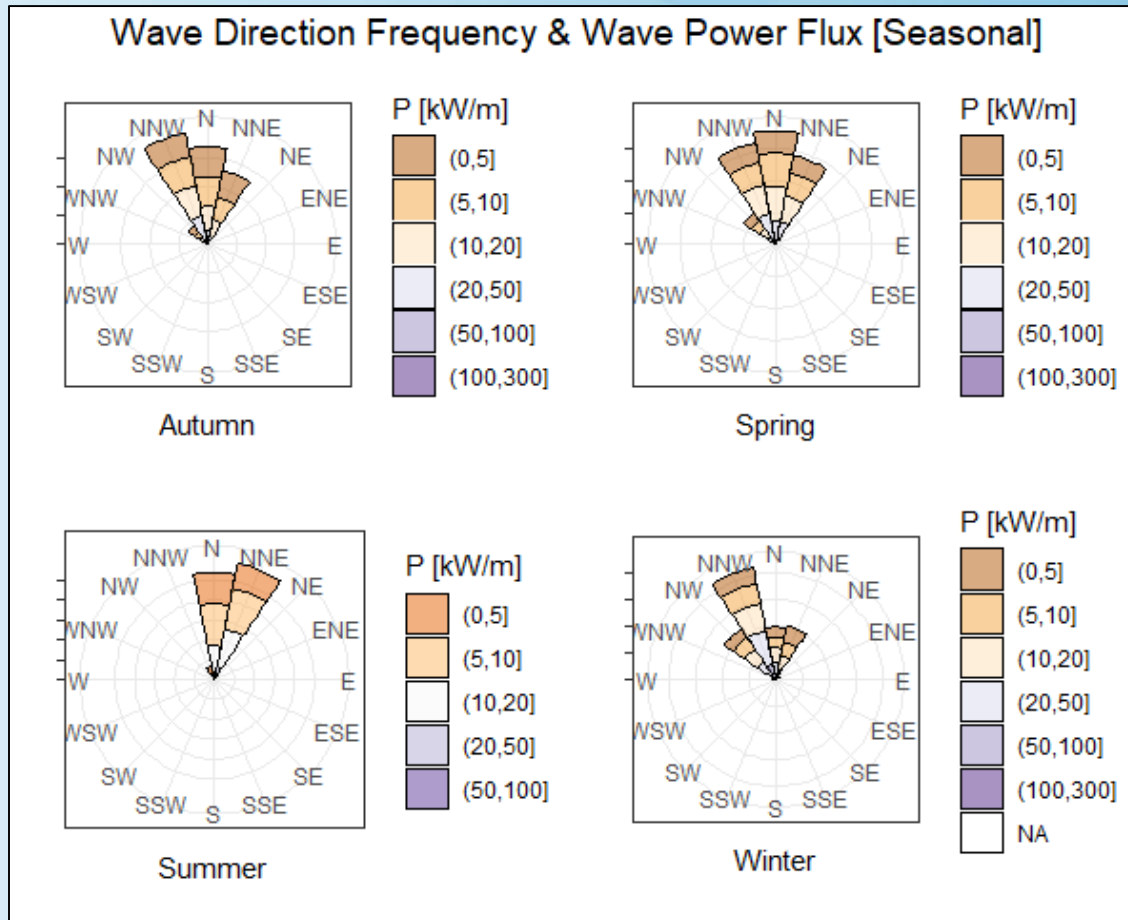
EVALUACIÓN DEL RECURSO I



Distribución probabilística total de la dirección del oleaje

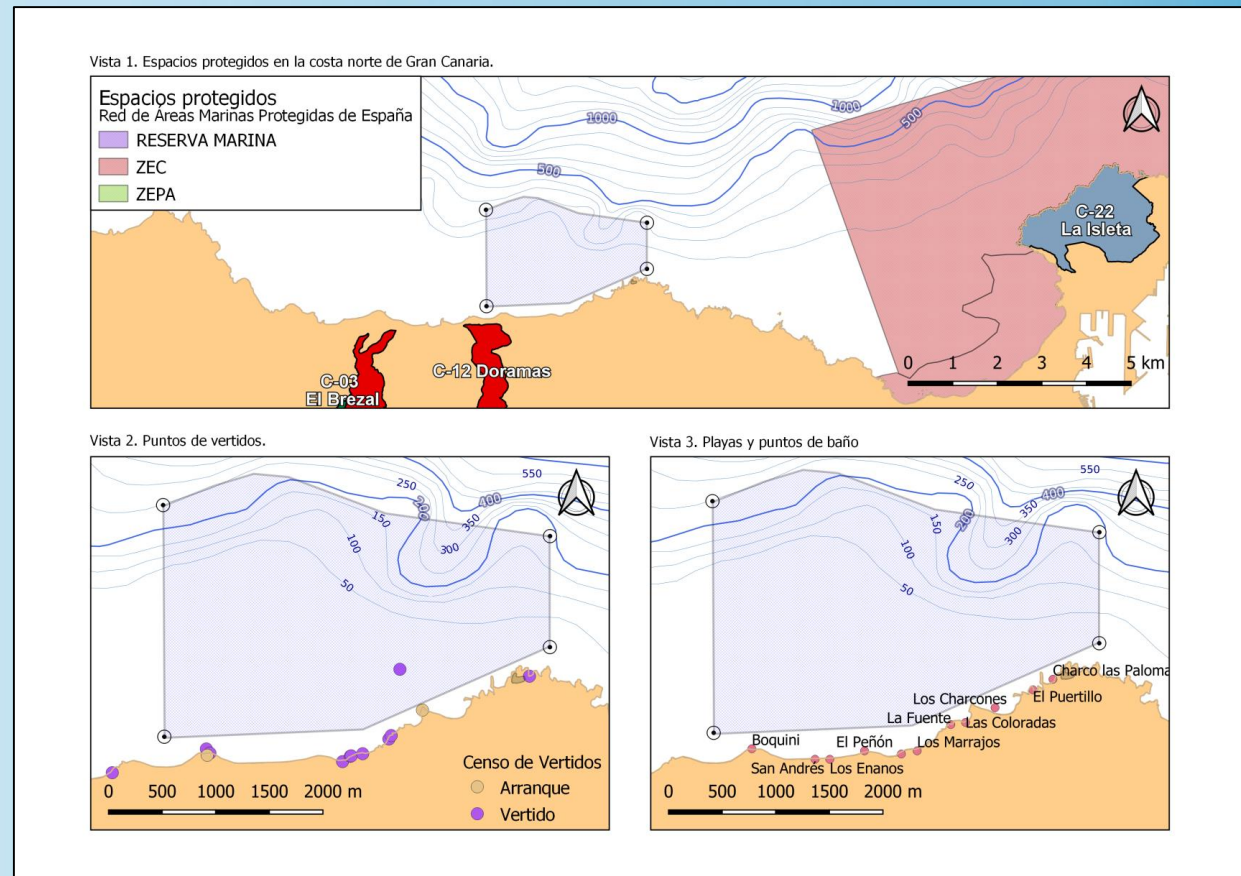
1.Descripción del entorno marino

EVALUACIÓN DEL RECURSO III



1.Descripción del entorno marino OTROS ANÁLISIS

- Análisis de los espacios protegidos (tanto marítimo como terrestre)
- Avistamiento de cetáceos y tortugas
- Censo de vertidos
- Guía de playas





DESAL+
Laboratorio de I+D en Desalación



MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg 
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

2. Energía Undimotriz y WEC's

2. Energía Undimotriz

Primera selección de 6 tecnologías teniendo en cuenta factores como:

- Madurez de la tecnología.
- Adaptación a la zona propuesta.
- Disposición del tecnólogo a colaborar en el estudio.
- Poder presentar diferentes tipologías.

Cada una cuenta con su propia «matriz de potencia» (que aporta el desarrollador) que se utilizará junto con la «matriz de comportamiento del entorno» o “scatter diagram”, para realizar una estimación de la energía undimotriz que se puede extraer con cada dispositivo.

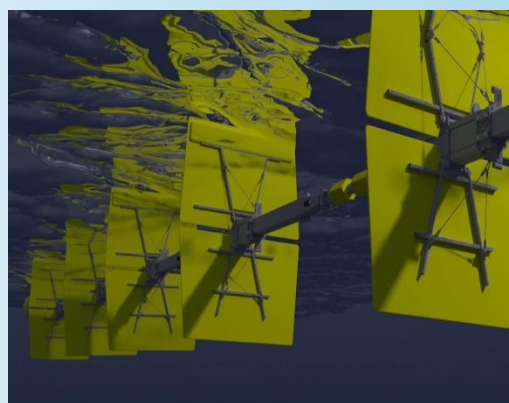
5.1 Selección de diferentes convertidores de energía undimotriz

	Compañía	Clasificación ¹	Ubicación	Profundidad (m)	Capacidad (MW)	Año de inicio	Grado de madurez
WaveDragon	Wave Dragon Ltd	O	Lejos de costa	> 30	1,5; 4; 7 y 12	2003	7
Wavepiston	WavePiston	A	Cerca de costa	20-100	0,1 – 0,4	2006	6/7
Weptos	Weptos A/S	A	Cerca de costa	40-80	4-6	2007	6
UndigenW200	Wedge Global	PA	Cerca /lejos de costa	> 40	0,2	2008	6

PA: Point Absorber (absorbedor puntual), O: Overtopping(terminador), A: Attenuator (atenuador)



Wave Dragon



Wavepiston



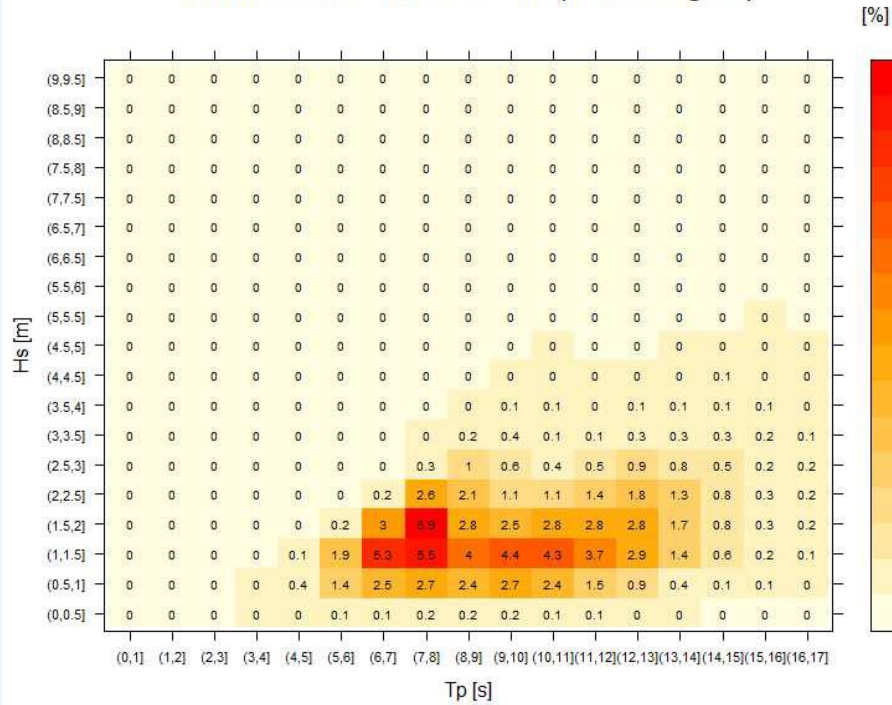
Weptos



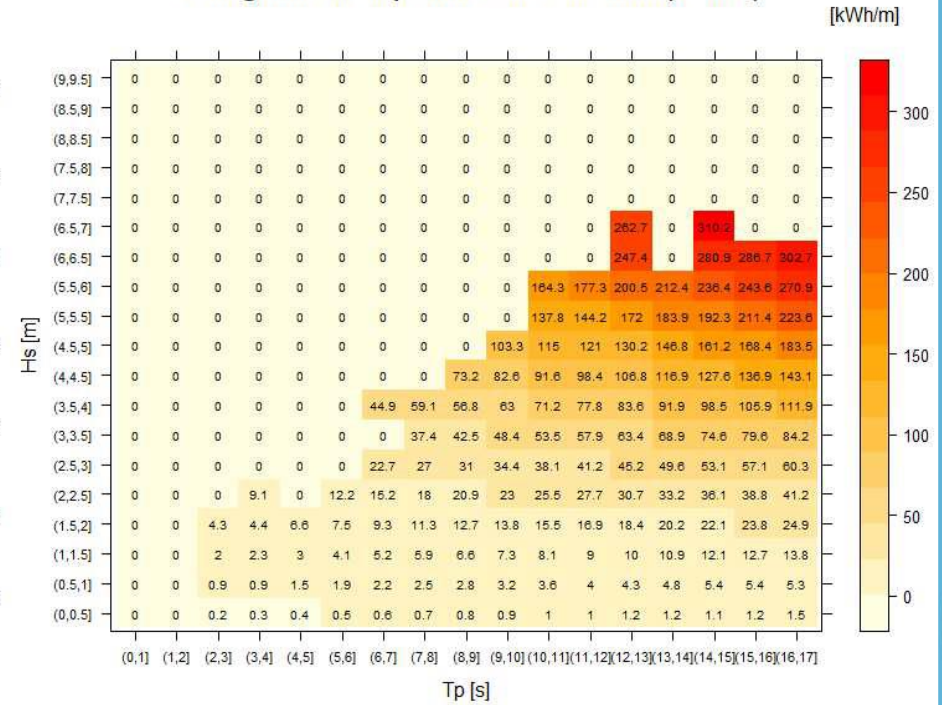
UndigenW200

2. Energía Undimotriz

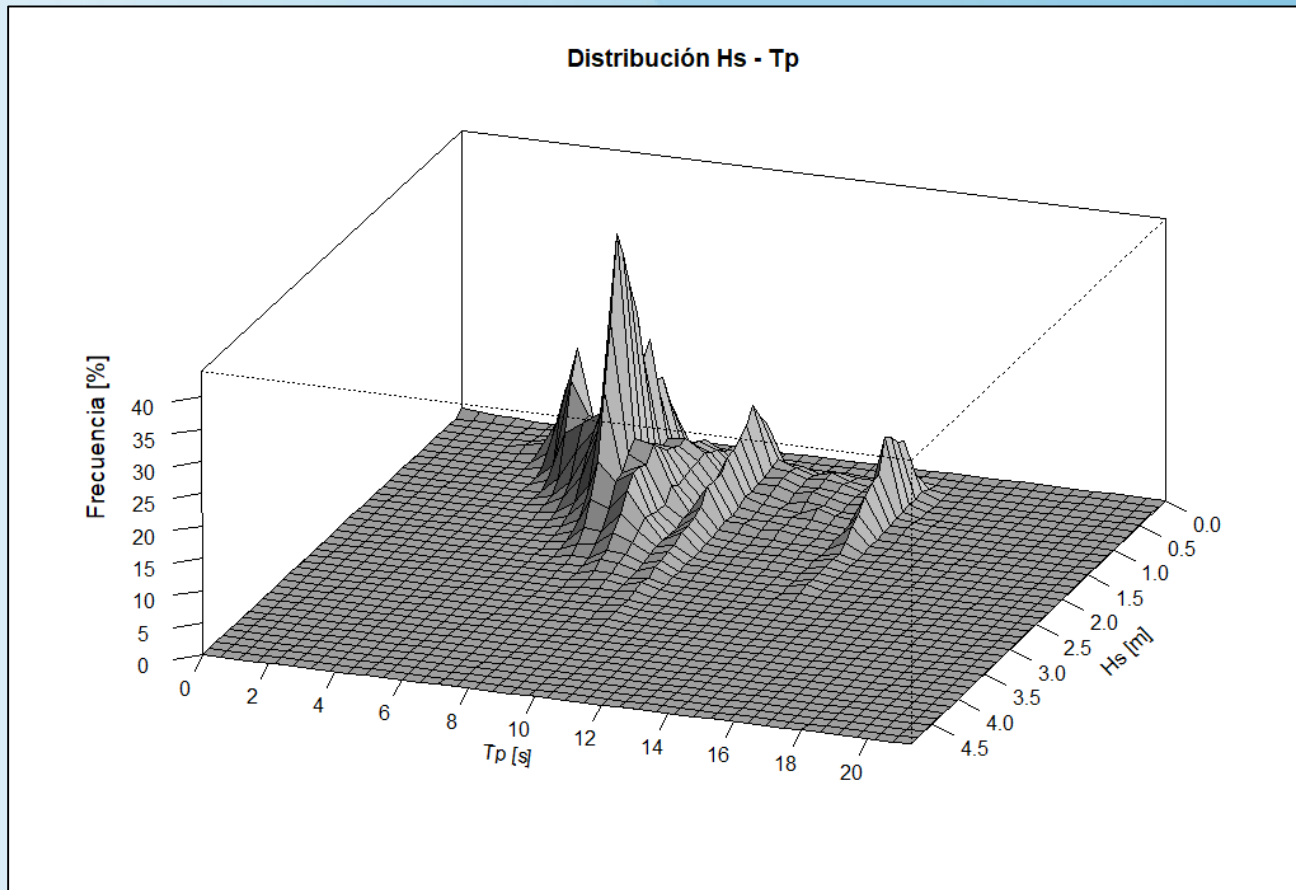
% horas anuales en cada estado (scatter diagram)



Energía media disponible en cada estado (teórica)



2. Energía Undimotriz



2. Energía Undimotriz

	Energía generada por AÑO (MWh)	Energía generada por MES (MWh)
<u>WaveDragon</u> 1,5 MW	2072,64	172,72
<u>WaveDragon</u> 4 MW	5108,36	425,7
<u>WavePiston</u>	3293,63	274,47
<u>Undigen</u> W200	267,81	22,32

Tabla 6. Energía generada por cada dispositivo.



DESAL+
Laboratorio de I+D en Desalación



Interreg 
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

3. Demanda energética de la EDAM

3. Demanda energética EDAM

PLANTA COMPLETA

Energía Activa (GWh)

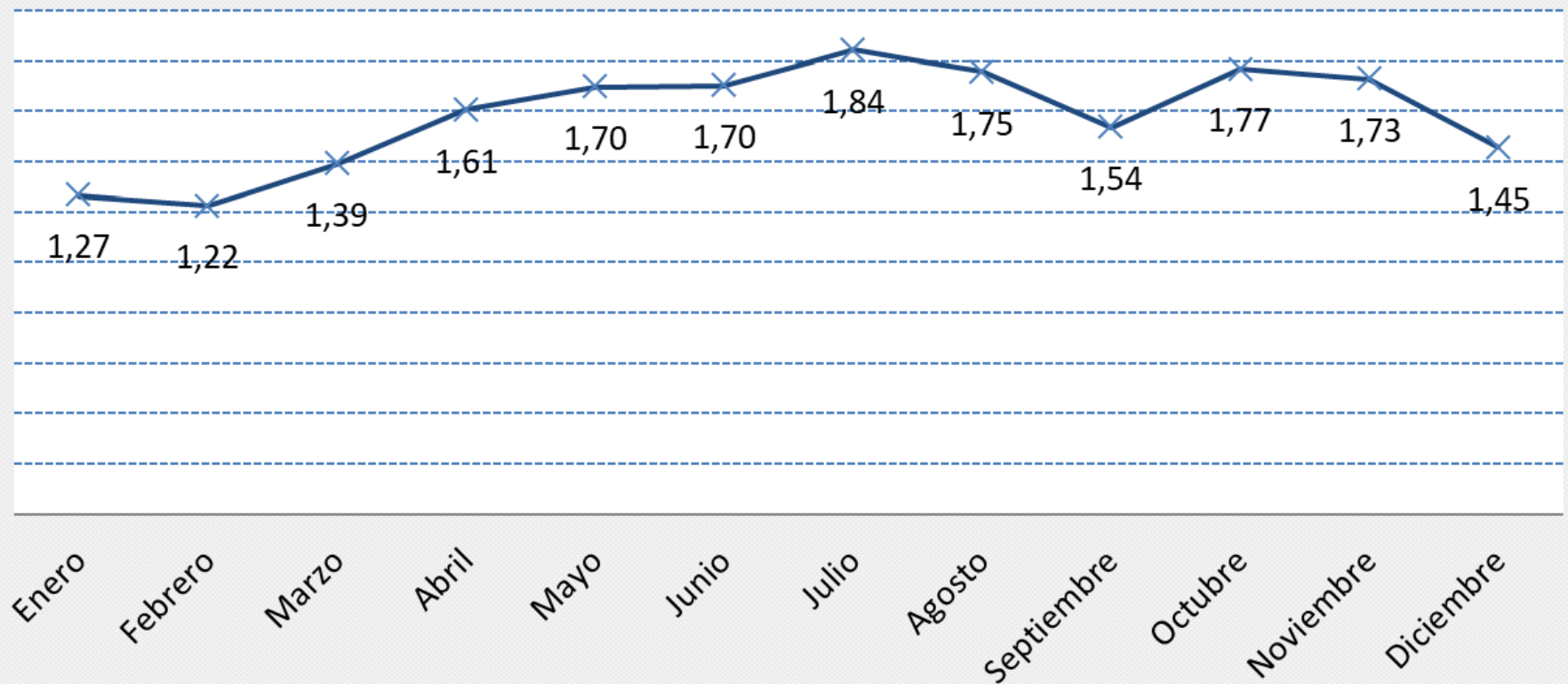


Figura 40. Consumo energético en el año 2017, por meses.

3. Demanda energética EDAM

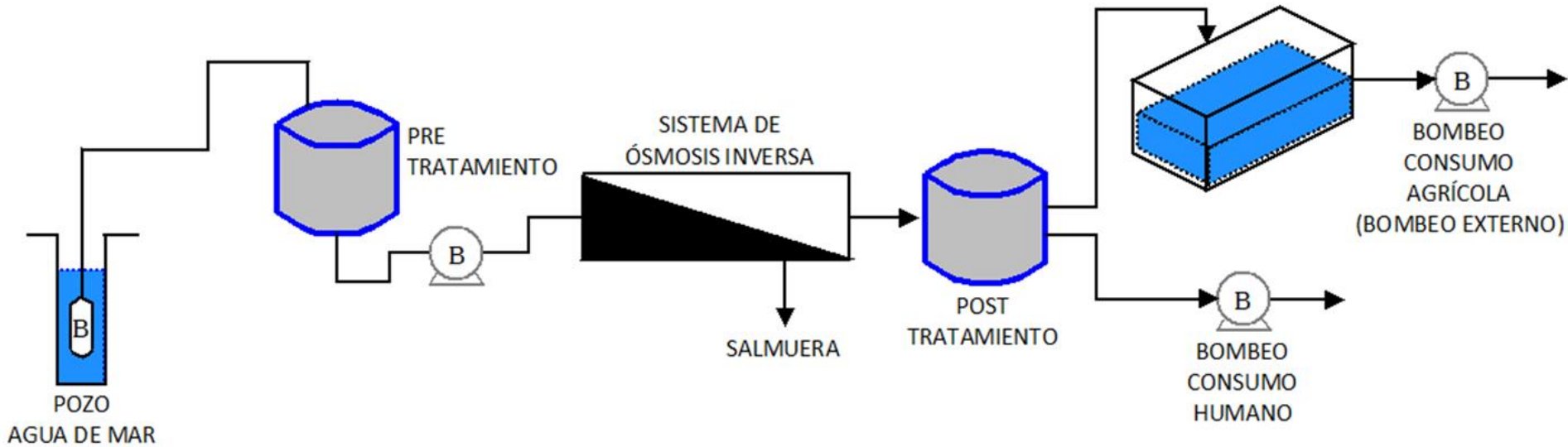
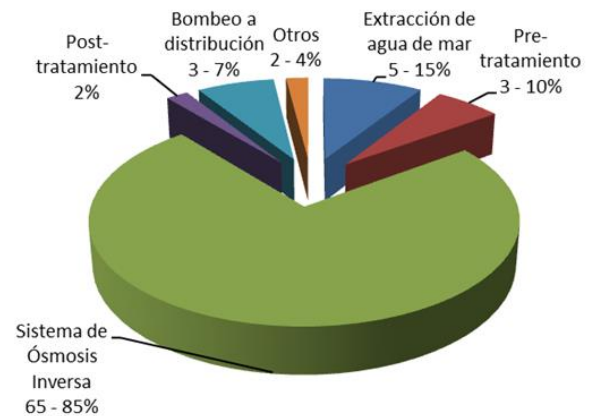


Figura 41. Esquema de IDAM Arucas-Moya.

Consumos en una planta desaladora por Ósmosis Inversa



3. Demanda energética EDAM SOLO BOMBEO EXTERNO

Energía Activa (GWh)

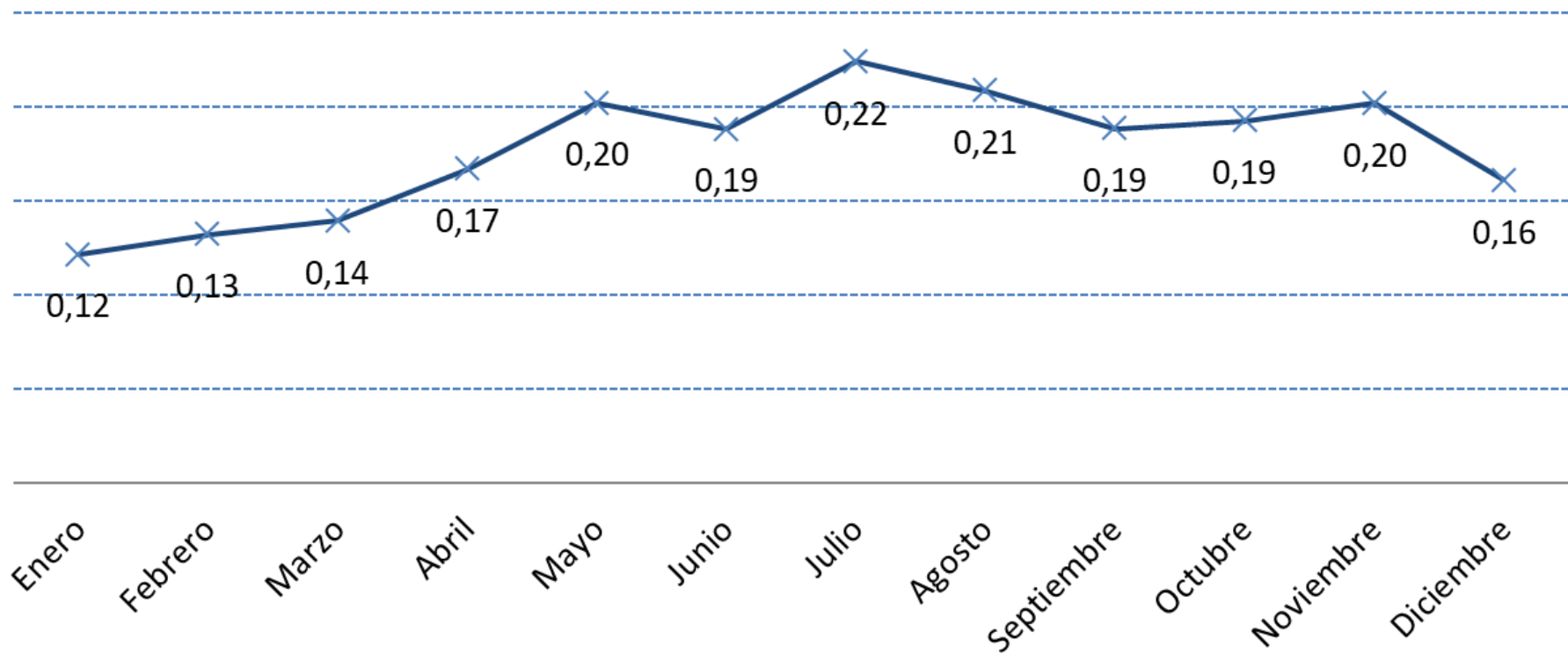


Figura 44. Consumo energético, del bombeo exterior, en el año 2017, por meses.

3. Demanda energética EDAM

	IDAM					Bombeo Ext.		
	Capacidad (MW)	AEP (GWh/año)	% P _{max} dispositivo	% E dispositivo	Nº Dispositivos necesarios	% P _{max} dispositivo	% E dispositivo	Nº Dispositivos necesarios
<u>WaveDragon</u> 1,5 MW	1,5	2,073	55,8	10,9	10	500	97,8	2 (~1)
<u>WaveDragon</u> 4 MW	4	5,108	148,7 ⁶	26,9	4	1333,3	240,9	1
<u>WavePiston</u>	0,100 - 0,400	3,294	3,7 – 14,9	17,4	6	33,3 - 133,3	155,4	1
<u>Undigen</u> W200	0,2	0,268	7,4	1,4	72	66,7	12,6	8

Tabla 11. Demanda cubierta por cada tecnología.



DESAL+
Laboratorio de I+D en Desalación

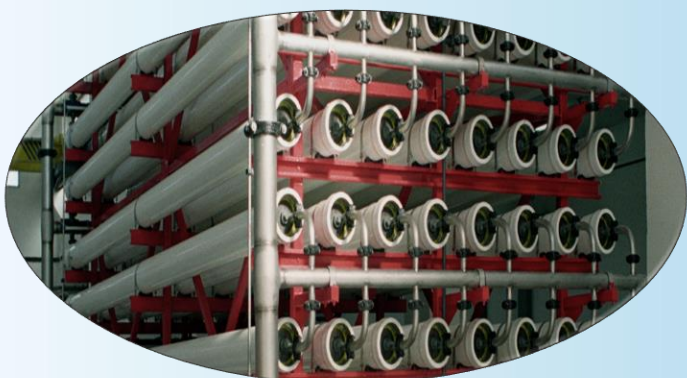


4. Marco Legislativo

3. Demanda energética EDAM

- **Ley 24/2013**, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- **Real Decreto 413/2014**, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- **Real Decreto 900/2015**, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- **Real Decreto-ley 15/2018**, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- **Real Decreto 244/2019**, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- **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.

5. Instalación de granjas de olas. Definición de escenarios desarrollados



Escenario 1

Cubrir la demanda energética empleando únicamente energía undimotriz (100% Wave energy)



Escenario 2

Sistema híbrido

Solar fotovoltaico - undimotriz
(80% Wave energy + 20% PV)

Actualmente

Instalación de autconsumo de 271,7 kWp
420 MWh/año
(Verano 2020 finalización de obra)



DESAL+
Laboratorio de I+D en Desalación



MAC 2014-2020
Cooperación Territorial



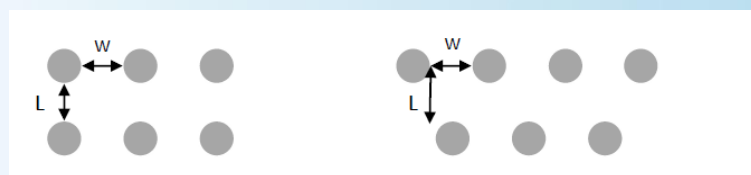
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



EUROPEAN UNION

5.2 Configuración de las granjas

- Dimensiones de los dispositivos
- Batimetría
- La dispersión en la dirección del oleaje
- “Wake effect”
- Diferentes configuraciones



Granja alineada

Granja escalonada



**Conversaciones específicas
con cada uno de las empresas
desarrolladoras**

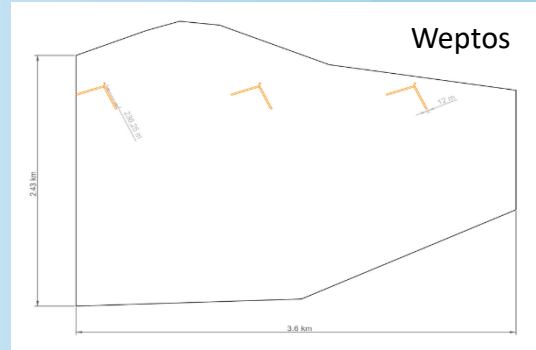
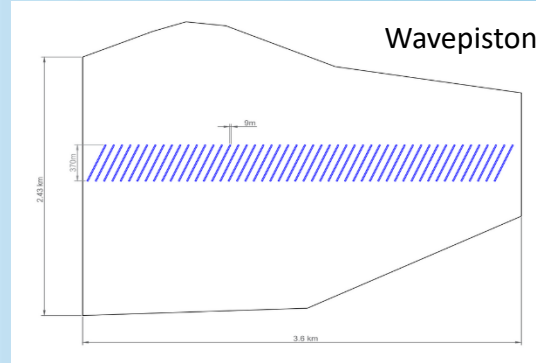
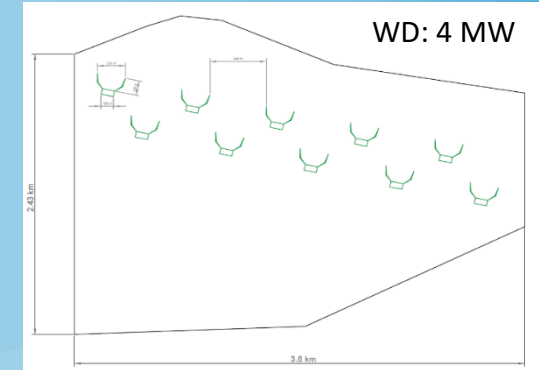
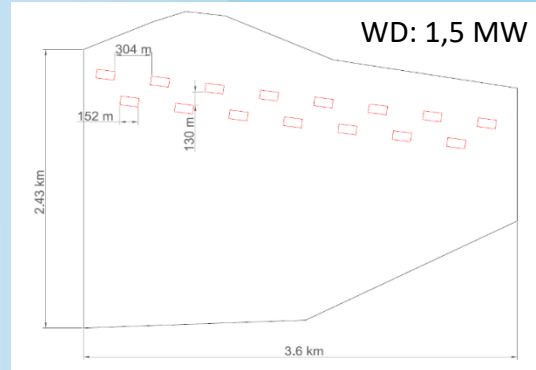
Dimensiones de los convertidores

Convertidores	Ancho [metros]	Largo [metros]	Alto [metros]
Wave Dragon [1,5 MW]	152	96	12
Wave Dragon [4MW]	230	150	16
Wavepiston [50 EC]	9	370	4
Weptos	12	472,5	10
Undigen	7	7	30

Configuración de granjas

Convertidores	Configuración de la matriz	Distancia lateral [metros]	Distancia longitudinal [metros]
Wave Dragon [1,5 MW]	Escalonado	304	130
Wave Dragon [4 MW]	Escalonado	460	130
Wavepiston [50 EC]	Alineado	60	N.A
Weptos	Escalonado	945	945
Undigen	Escalonado	600	600

5.2 Ubicación a escala



DESAL+
Laboratorio de I+D en Desalación



MAC 2014-2020
Cooperación Territorial



Fondo Europeo de Desarrollo Regional



EUROPEAN UNION

5.3 Producción de energía undimotriz

Recurso undimotriz

Punto SIMAR	Longitud	Latitud	Cadencia (h)	Inicio	Final
4035011	15.58° W	28.17° N	1	04-01-1958	31-12-2018

1ª aproximación: “scatter diagram” por la matriz de potencia de cada convertidor

2ª aproximación: Datos de la serie de tiempo a escala horaria de un año modelo por la matriz de potencia de cada convertidor

Energía producida por las tecnologías

Convertidor	Producción energética de un convertidor [MWh/año]	Max. N° de convertidores en la zona piloto	Producción de la granja undimotriz [MWh/año]
Wave Dragon (1,5MW)	2292	15	34 380
Wave Dragon (4 MW)	5093	10	50 930
Wavepiston	739	50	36 950
Weptos	5376	3	16 128
Undigen	266	8	2128

Convertidor	N° de convertidores	Producción de la granja [MWh/year]
Wave Dragon (1,5 MW)	10	22 917
Wave Dragon (4 MW)	4	20 372
Wavepiston	28	20 692
Weptos	3	16 128*
Undigen	N.A.	N.A.

*Weptos aporta un 15% menos de la demanda total

AÑO 2017
Consumo IDAM
18 987 MWh



Escenario 1
100% olas

Escenario 1

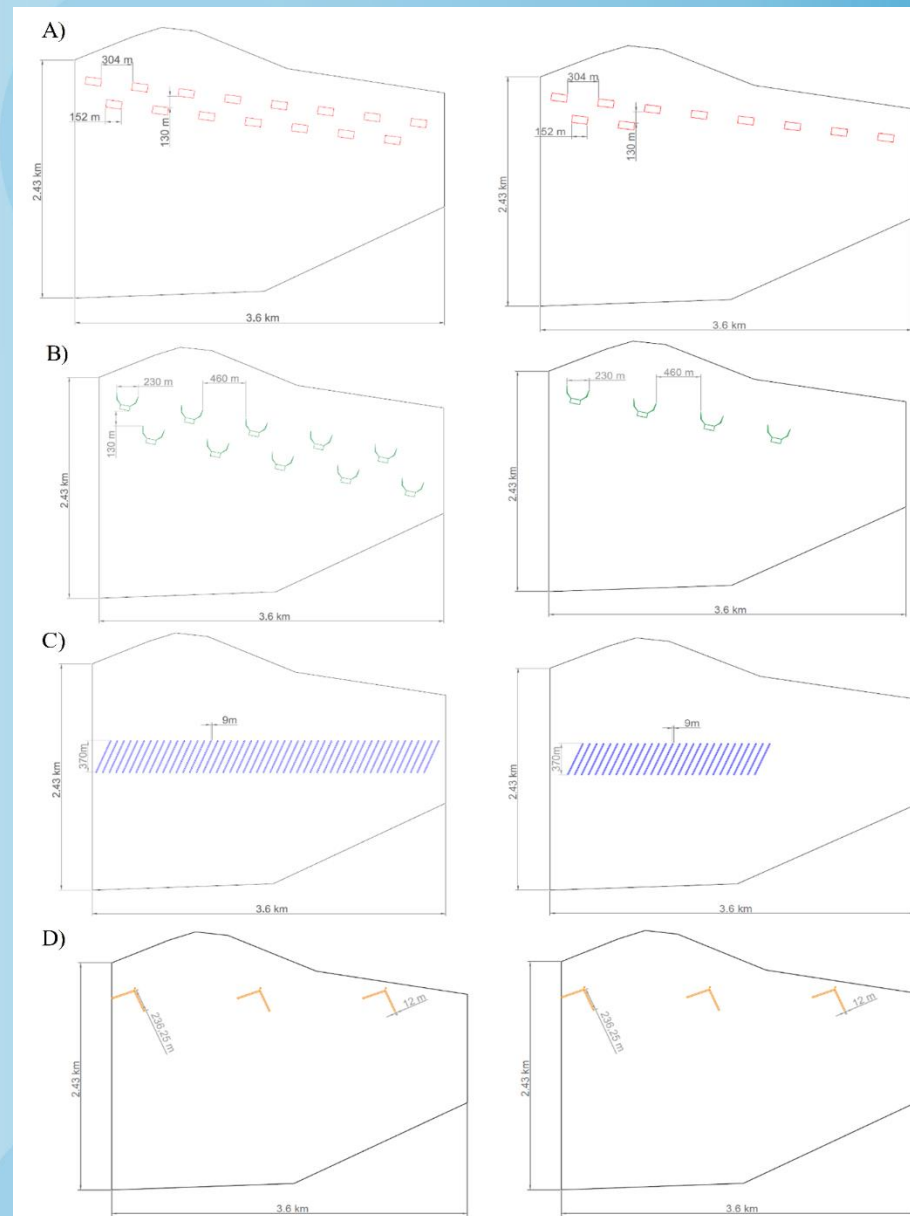
100% olas

Max. N° de convertidores en la zona piloto

VS

Convertidores necesarios para suplir la demanda

- A) Wave Dragon 1,5 MW
- B) Wave Dragon 4 MW
- C) Wavepiston
- D) Weptos



DESAL+
Laboratorio de I+D en Desalación



MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

Escenario 2. 80% olas + 20% PV

Producción undimotriz → 15 190 MWh/año

Convertidor	Nº de convertidores	Producción energética de la granja [MWh/year]
Wave Dragon (1,5 MW)	8	18 336
Wave Dragon (4 MW)	3	15 279
Wavepiston	23	16 997
Weptos	3	16 128
Undigen	N.A.	N.A.

↓ 2
↓ 1
↓ 5
=

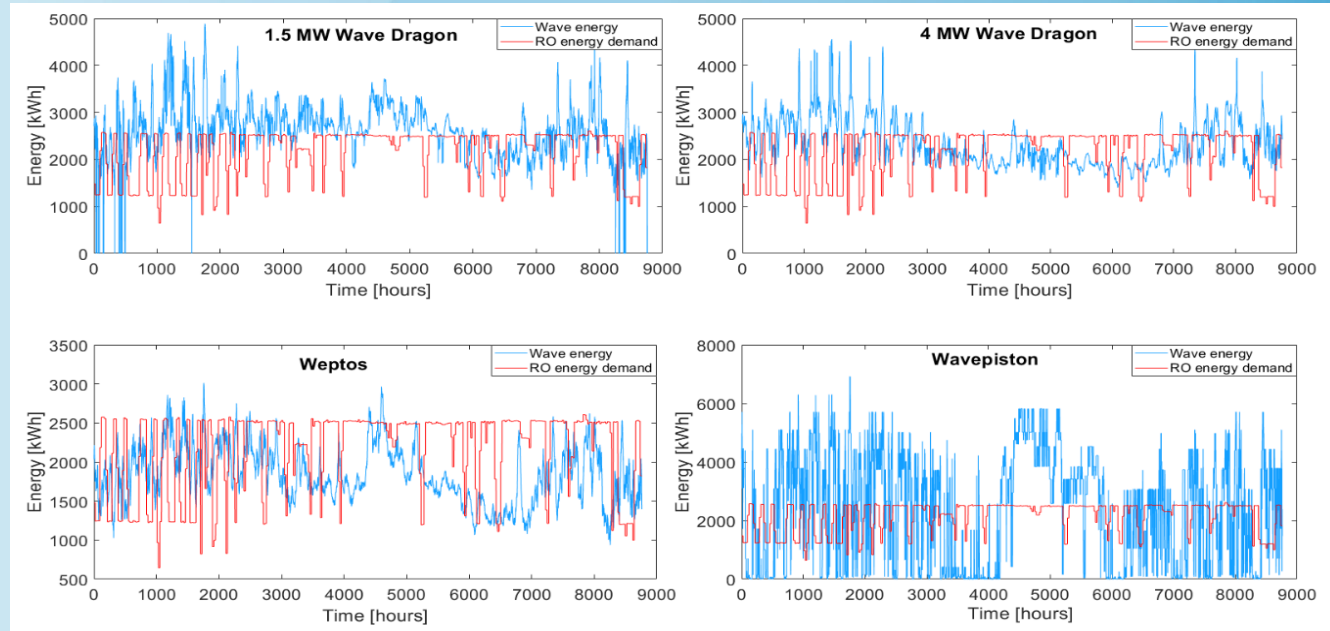
Reducción de Nº convertidores con respecto al escenario 1

Producción fotovoltaica → 3797 MWh/año



5.1 Análisis horario

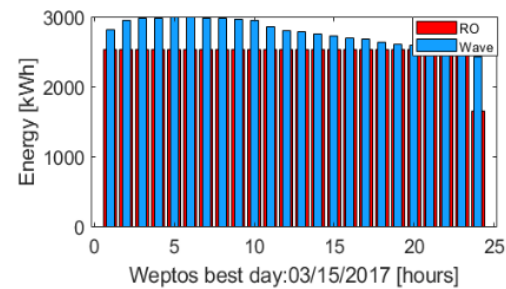
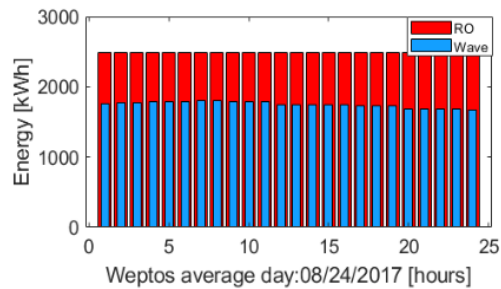
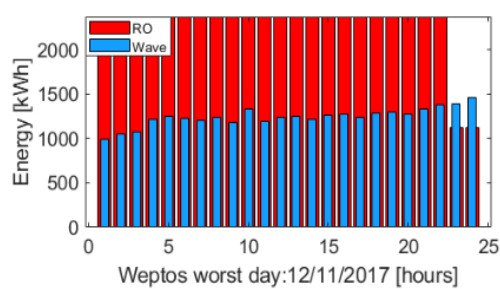
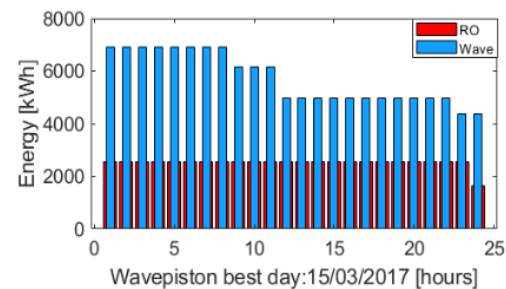
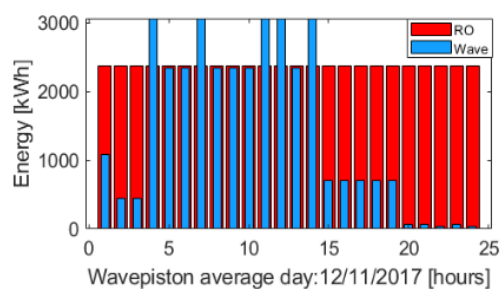
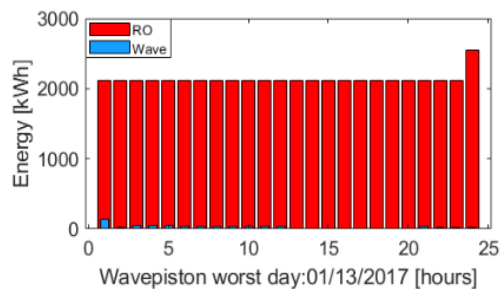
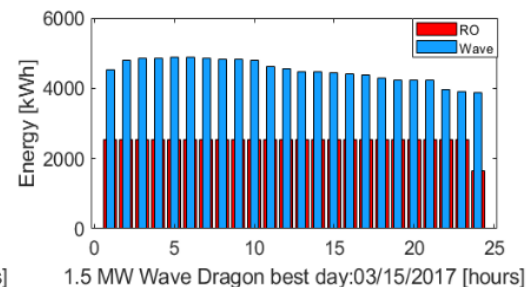
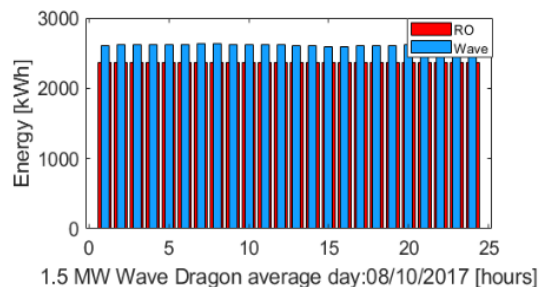
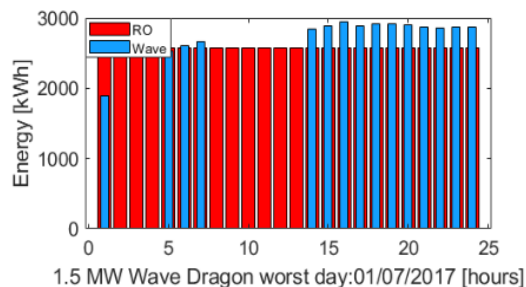
Escenario 1. 100% olas



	1,5 MW Wave Dragon		4 MW Wave Dragon		Weptos		Wavepiston	
	Nº de horas	[%]	Nº de horas	[%]	Nº de horas	[%]	Nº de horas	[%]
Surplus energético	6367	72,7	3960	45,2	2364	27	4885	55,8
Déficit energético	2393	27,3	4800	54,7	6396	73	3875	44,2
	[MWh/año]	[%]	[MWh/año]	[%]	[MWh/año]	[%]	[MWh/año]	[%]
Surplus acumulado	4899	21,3	3466	17	1350	8.4	8292	40
Déficit acumulado	990	4,3	2123	10,4	4230	26.2	6637	32

Escenario 1. 100% olas

Días de menor, medio y mayor producción de energía



DESAL+
Laboratorio de I+D en Desalación



MAC 2014-2020
Cooperación Territorial



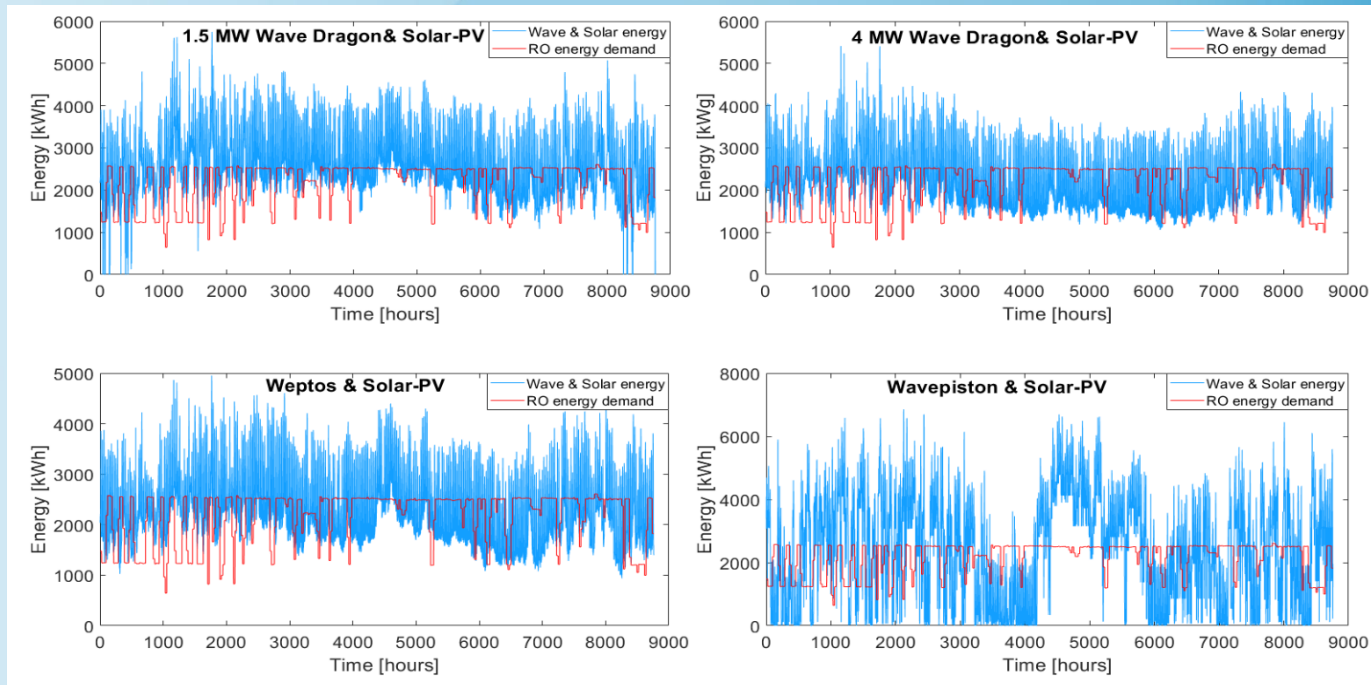
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



EUROPEAN UNION

5.1 Análisis horario

Escenario 2. 80% olas + 20% PV



	1,5 MW Wave Dragon		4 MW Wave Dragon		Weptos		Wavepiston	
	Nº de horas	[%]	Nº de horas	[%]	Nº de horas	[%]	Nº de horas	[%]
Surplus energético	5171	59	3941	45	4269	48,7	4765	54,4
Deficit energético	3589	41	4819	55	4491	51,3	3995	45,6
	[MWh/año]	[%]	[MWh/año]	[%]	[MWh/año]	[%]	[MWh/año]	[%]
Surplus acumulado	4910	26,8	3402	22,3	3643	22,6	7314	43
Déficit acumulado	1773	9,7	3334	21,8	2720	16,8	5541	32,6

Escenario 1	4,3	10,4	32
-------------	-----	------	----



DESAL+
Laboratorio de I+D en Desalación

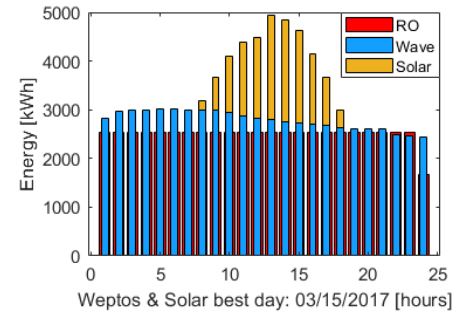
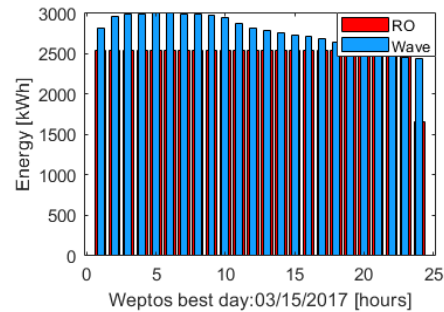
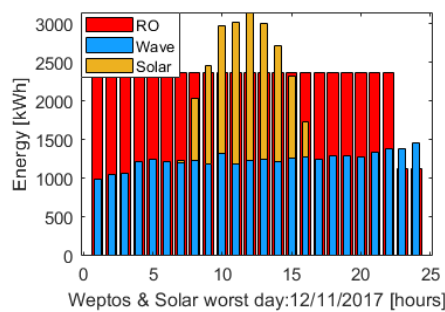
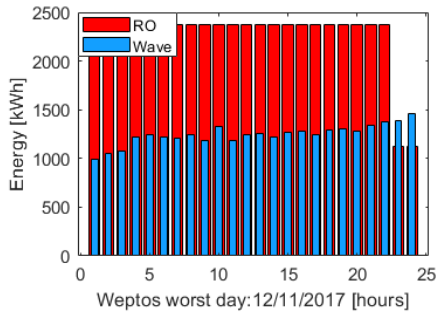
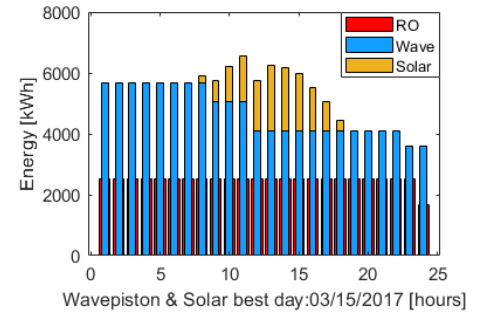
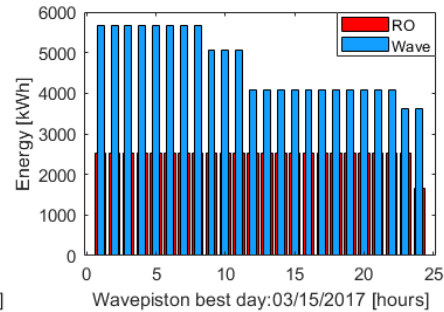
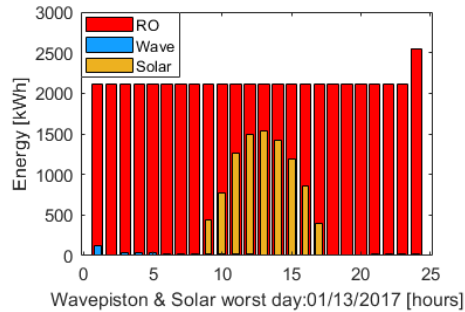
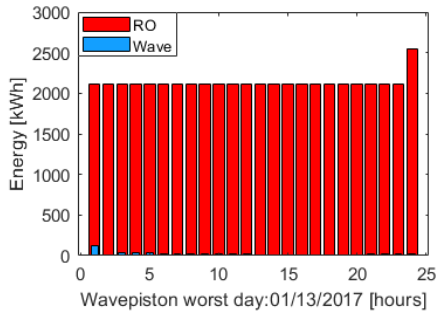
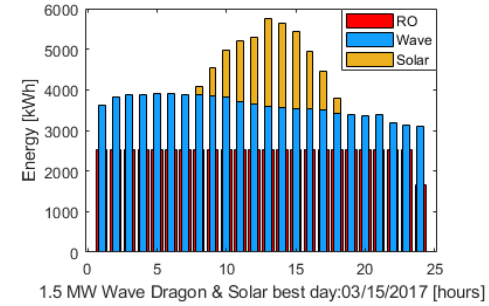
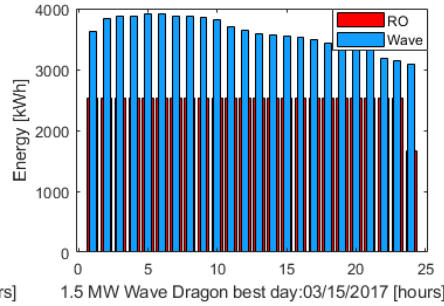
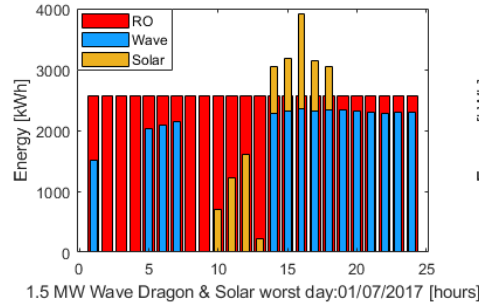
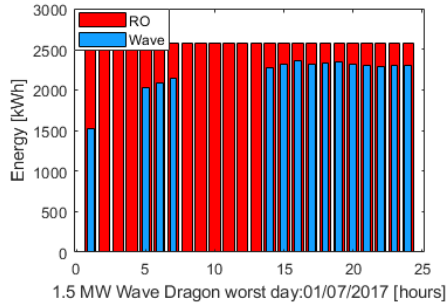


MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

Comparativa de escenarios

Días de menor y mayor producción de energía



Resultados publicados

Journal of Environmental Management 231 (2019) 546–551



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Environmental Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jenvman



Review

Wave energy to power a desalination plant in the north of Gran Canaria Island: Wave resource, socioeconomic and environmental assessment



L. Fernández Prieto^{a,*}, G. Rodríguez Rodríguez^b, J. Schallenberg Rodríguez^c

^a Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Spain

^b Applied Marine Physics and Remote Sensing Group, Institute of Environmental Studies and Natural Resources (IUNAT) & Physics Department, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Spain

^c Group for the Research on Renewable Energy Systems (GRRES), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Spain

ARTICLE INFO

Keywords:

Wave energy
Water scarcity
Gran Canaria Island
Environmental and socioeconomic development
Desalination plant

ABSTRACT

The Canary Islands are recognized as an area of particular interest to exploit and to promote the use of renewable energies as a way to reduce its energy dependence on fossil fuels and ultimately reach energy self-sufficiency and sustainability. A common major problem in mid-latitude small and remote islands is the low annual precipitation rate and the associated freshwater scarcity, leading to the installation of desalination plants powered by oil. In this context, the assessment of wave energy potential along with socioeconomic and environmental factors in a selected area at the north side of Gran Canaria Island shows that wave power availability is adequate for its exploitation and there are no sources of potential conflicts that prevent the installation of wave energy converters. In particular, the harvesting of wave energy to power existing seawater desalination plants, fully based in the use of oil, is considered as a viable, appealing and advantageous alternative over the direct injection to the electric network.



DESAL+
Laboratorio de I+D en Desalación

ANÁLISIS TÉCNICO Y MEDIOAMBIENTAL para el aprovechamiento de la energía de las olas en la costa norte de Gran Canaria

Realizado por:
Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN)
Autores:
Tyrone F. Lis Alecio
Javier González Herrera

Fecha: 14/10/2021
Versión: 0.11



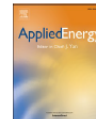
Applied Energy 278 (2020) 115681



Contents lists available at ScienceDirect

Applied Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/apenergy



Energy supply of a large size desalination plant using wave energy. Practical case: North of Gran Canaria

Julieta Schallenberg-Rodríguez^a, Beatriz Del Río-Gamero^{a,*}, Noemi Melian-Martel^a, Tyrone Lis Alecio^b, Javier González Herrera^b

^a Industrial and Civil Engineering School, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, Spain

^b Oceanic Platform of the Canary Islands (PLOCAN), Telde, Spain

HIGHLIGHTS

- Evaluation of the coupling of a large size desalination plant to a wave energy farm.
- Most of the wave energy converters can meet the yearly energy demand.
- A hybrid energy system is studied by combining solar photovoltaic and wave energy.
- The hourly analysis is crucial to determine the matching between demand and supply.
- Solar photovoltaics improves the matching in some cases but not in all.

ARTICLE INFO

Keywords:

Wave energy
Large size desalination plant
Renewable energies
Nexus water-energy
Canary Islands
Self-consumption

ABSTRACT

This research analyzes the feasibility of supplying the energy demand of a grid-connected large size desalination plant by wave energy. One drawback of the wave technology is that it is not yet fully commercial and, therefore, many different technologies are available. Different arrays of wave energy converters have been selected for this study, comprising different type of technologies and technical characteristics. Two scenarios have been deployed, one based on wave energy and another one that combines wave energy and solar photovoltaic energy. The hourly analysis shows the matching between demand and supply. The aim is to establish if solar photovoltaic energy can improve the hourly matching between demand and production. The methodology proposed has been applied to a practical case which is a 15,000 m³/day reverse osmosis desalination plant located in the North of Gran Canaria, whose annual energy demand is 19 GWh per year. Results show that most of the wave devices selected are able to meet the yearly energy demand of the desalination plant although there are significant differences depending on the wave technology and in the hourly analysis. The combination of photovoltaic and wave energy improves the hourly matching in some cases but not in all. Thus, an hourly analysis of the specific technology is needed in each case.



MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

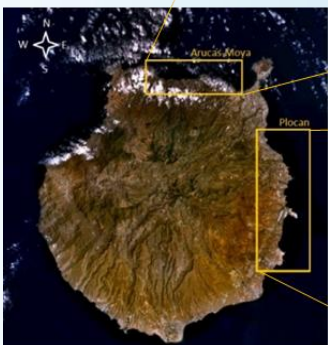


Fondo Europeo de Desarrollo Regional



EUROPEAN UNION

Líneas en desarrollo y/o futuras



Legend

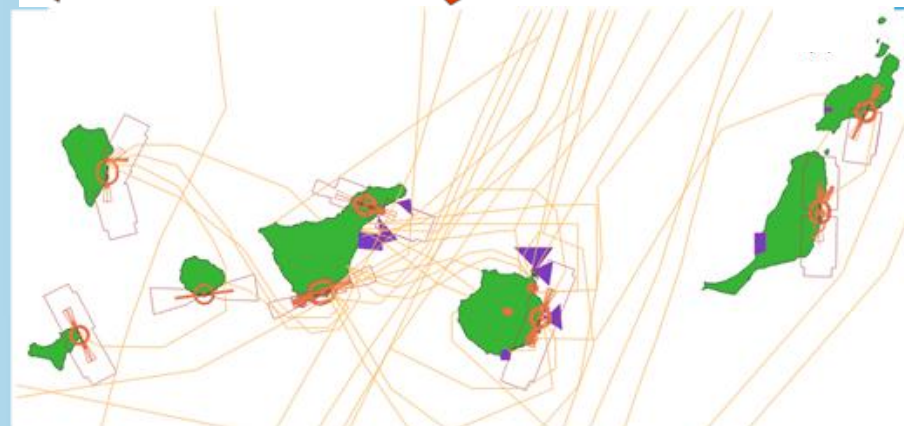
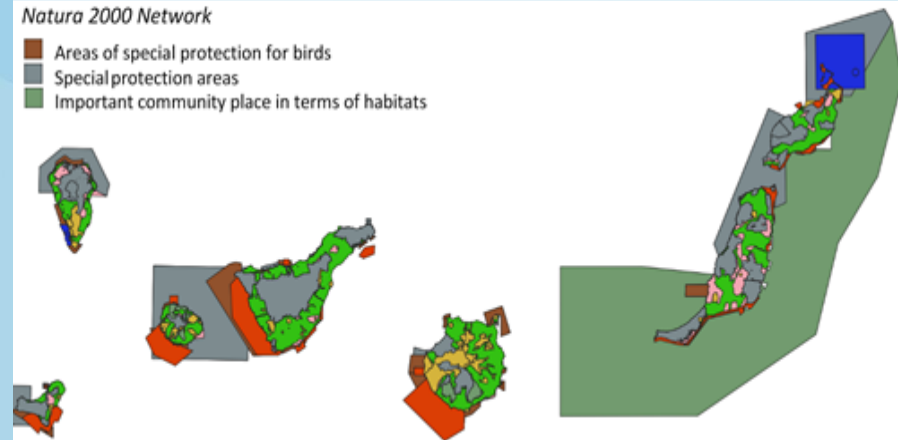
Protected Natural Areas

- Important marine bird areas
- Area of high density protected species
- Marine reserves
- Special natural reserve

(A)

Natura 2000 Network

- Areas of special protection for birds
- Special protection areas
- Important community place in terms of habitats



Legend

■ Military areas

Aeronautical easements

 Operating easements

 Radio-electric easements

■ Submarine cables



DESAL+
Laboratorio de I+D en Desalación



MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



EUROPEAN UNION

Socios Europeos



Socios Tercer País y Asociados





DESAL+
Laboratorio de I+D en Desalación




MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg 
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

Muchas gracias
Merci beaucoup
Muito obrigado


ULPGC
Universidad de
Las Palmas de
Gran Canaria

PLOCAN Plataforma Oceánica
de Canarias



Las Palmas de Gran Canaria,
23 de noviembre de 2021.