



DESAL+
Laboratorio de I+D en Desalación




MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg 
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

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)

Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

Noemi Melián Martel

Profesora Contratada Doctor (ULPGC, GRRES)

Evento final del proyecto DESAL+: presentación de resultados
Las Palmas de GC, 23 de noviembre de 2021

Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

Uso de los excedentes eólicos en *el ciclo del agua* aplicando una estrategia coordinada de gestión de cargas en desalación y bombeo con objeto de **incrementar la contribución de renovables**.



Desalination 515 (2021) 115216

Contents lists available at ScienceDirect


ELSEVIER

Desalination

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

Water cycle driven only by wind energy surplus: Towards 100% renewable energy islands

N. Melián-Martel, B. del Río-Gamero*, Julieta Schallenberg-Rodríguez



Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

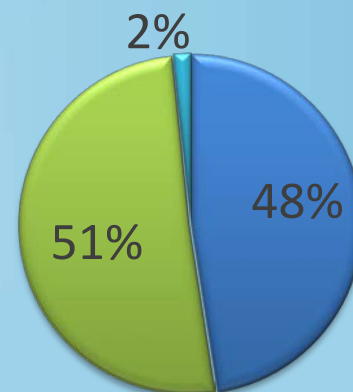
2. Cuestiones clave de la investigación

- Cómo aumentar la penetración de las energías renovables a través del ciclo del agua
- Estimación de los excedentes eólicos
- Cómo integrar el excedente de energía eólica renovable vinculada al ciclo del agua sin un sistema energético de respaldo
- Estrategias de integración ¿Producción de agua descentralizada o centralizada?

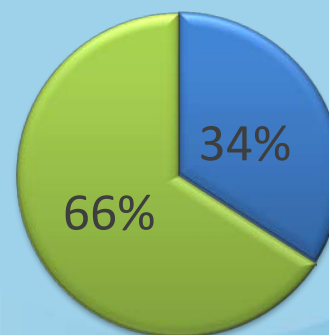
Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

3. Balance hídrico en la isla de El Hierro

Producción	Volumen (m ³)
Pozo Los Padrones	1 123 952
Pozo La Frontera	633 550
Pozo Tigaday	223 135
Pozo Tamaduste	196 038
EDAM El Golfo	212 193
EDAM El Cangrejo	568 170
EDAM La Restinga	345 567
Total	3 302 605
Consumo	Volumen (m ³)
Consumo humano	
Ayuntamiento La Frontera	427 617
Ayuntamiento Valverde	858 916
Ayuntamiento El Pinar	287 718
Agua de riego	
Echedo-Costa Norte	108 623
Sur - El Pinar	18 049
Frontera	1 547 995
Los Padrones	8 960
Otros consumos	
Gorona	50 398
Otros	3 229
Total	3 311 505



■ Agua de consumo humano
■ Agua de riego
■ Otros usos



■ Desalación
■ Pozo

*Datos 2018



Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

4. Sistema de desalación actual en la isla de El Hierro

Desaladora	EDAM El Golfo	EDAM La Restinga	EDAM El Cangrejo		
Municipio	La Frontera	El Pinar de El Hierro	Valverde		
Suministro	Urbano y agrícola				
Nº Módulos	1	2	2		
Tecnología	Ósmosis inversa				
Capacidad de producción (m ³ /día)	1300 (*)	1000	1200	1800	1300
Producción real (m ³ /día)	1248	935	1008	1800	1075
Producción real (m ³ /h)	52	81		120	
Consumo específico con bombeo (kWh/m ³)	3.90	4.92		2.67 -5.72	

(*) Pendiente incluir la ampliación de El Golfo: 1700 m³/día



Capacidad de producción total: 6 600m³/día

Producción (2018): 1,1 Hm³

Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

5. Situación actual. Análisis de los excedentes eólicos

2018: cobertura del 60% de la energía eléctrica demandada de la isla de *El Hierro* con renovables.

Demanda de energía para el ciclo del agua (2018)

Extracción, tratamiento, y distribución: 14 774 MWh



~**35%** de la demanda total de energía eléctrica de la isla

Excedente de energía eólica (2018):

Energía eólica producida: 35 139 MWh

Energía eólica producible: 44 858 MWh

Energía eólica puesta en red: 23 656 MWh



Excedente de energía eólica: **9 718 MWh**



22% de la energía eólica producible

Este excedente representa la energía eólica que potencialmente podría producirse pero, que no se está produciendo, debido a la falta de demanda instantánea de electricidad o debido a las propias limitaciones de estabilidad de la red eléctrica.

Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

5. Situación actual. Análisis de los excedentes eólicos

Nuevo excedente eólico (surplus)

Se ha estimado un nuevo escenario de trabajo con un nuevo excedente eólico eliminando la carga que supone el ciclo del agua.

Nuevo excedente eólico = $0,30 * \text{Potencia eólica producida} + \text{Excedente eólico actual}$



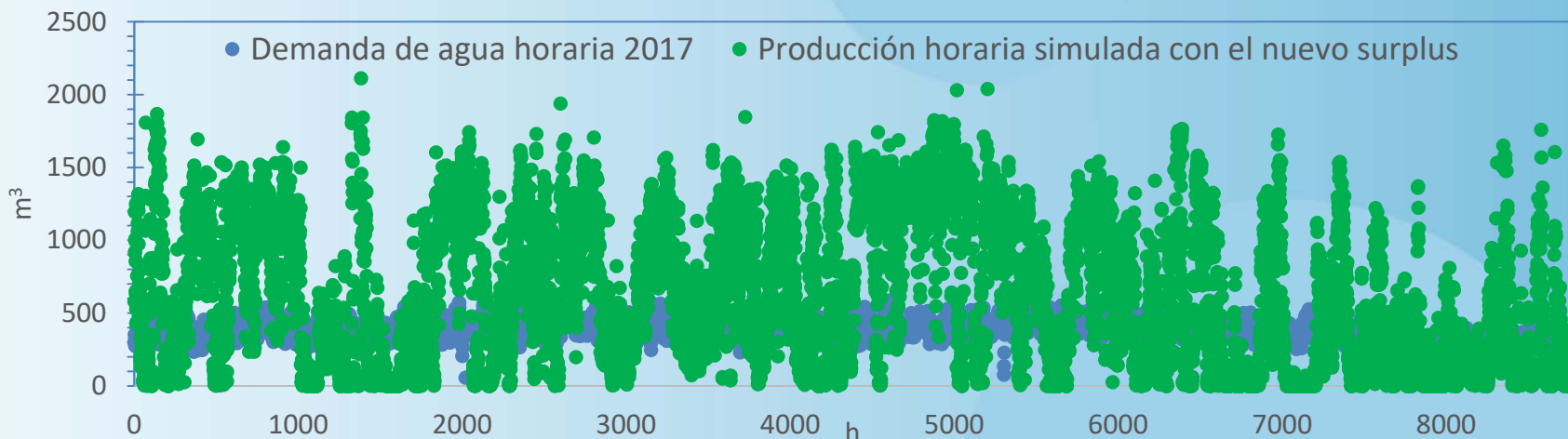
	MWh/año
Demanda del ciclo del agua	14 770
Excedente eólico actual	9 718

	MWh/año
Nueva demanda del ciclo del agua	10 856
Nuevo excedente eólico	20 261

- ↓ Pérdidas de agua en las redes de distribución <20%
- ↓ Consumo de energía específica en las EDAM <4kWh/m³

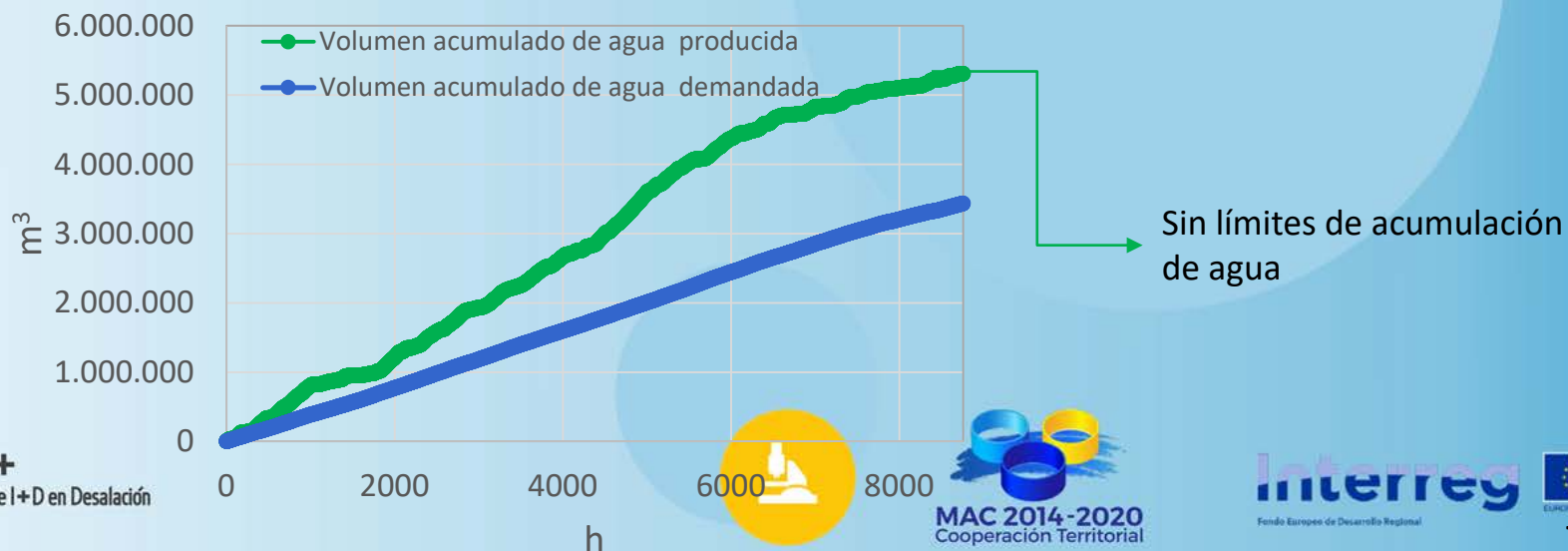
Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

5. Situación actual. Análisis de los excedentes eólicos



Nº h con excedente eólico 0 = 297 h/año

Nº h que no cubrimos la demanda total instantánea del ciclo del agua: 4121 h (47%)



Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

6. Simulación de 2 modelos

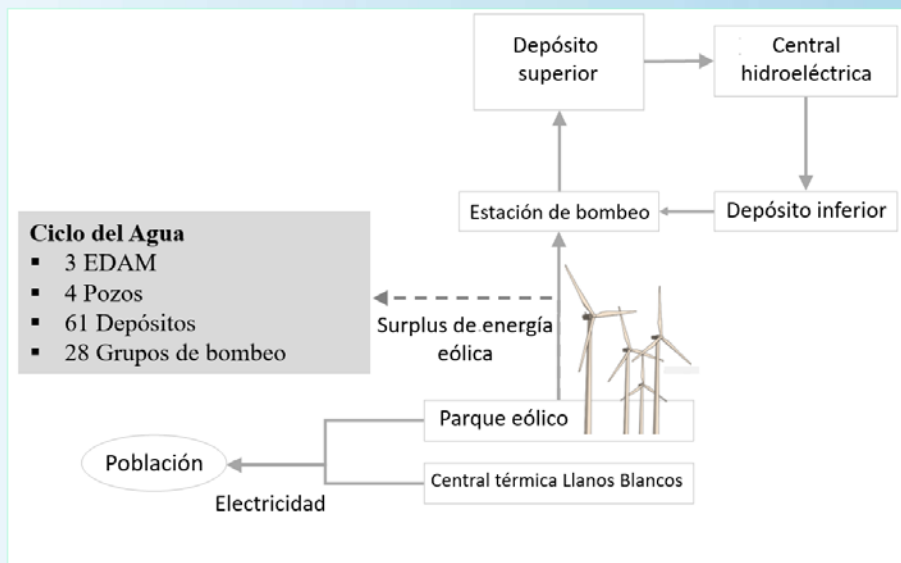
- **Modelo descentralizado:** modelo de producción de agua actual (3 desaladoras + 4 pozos)
- **Modelo centralizado:** 1 sola desaladora (que acumula en la balsa superior de Gorona)



¿Qué modelo permite una mayor penetración de renovables?
¿Qué modelo se ajusta mejor al excedente eólico?

Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

6.1. Modelo descentralizado



- Características de los Pozos y las EDAM.
- Análisis de la red de los 61 depósitos de almacenamiento y distribución por cotas.
- Características técnicas de los 27 grupos de bombeo.
- Demanda horaria de agua por línea de bombeo y por depósitos intermedios.
- Demanda horaria de energía eléctrica para desalación y bombes.



Distribución del excedente de energía eólica entre 9 líneas de bombeo

Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

6.1. Modelo descentralizado

Distribución horaria del excedente de energía eólica entre 9 líneas de bombeo

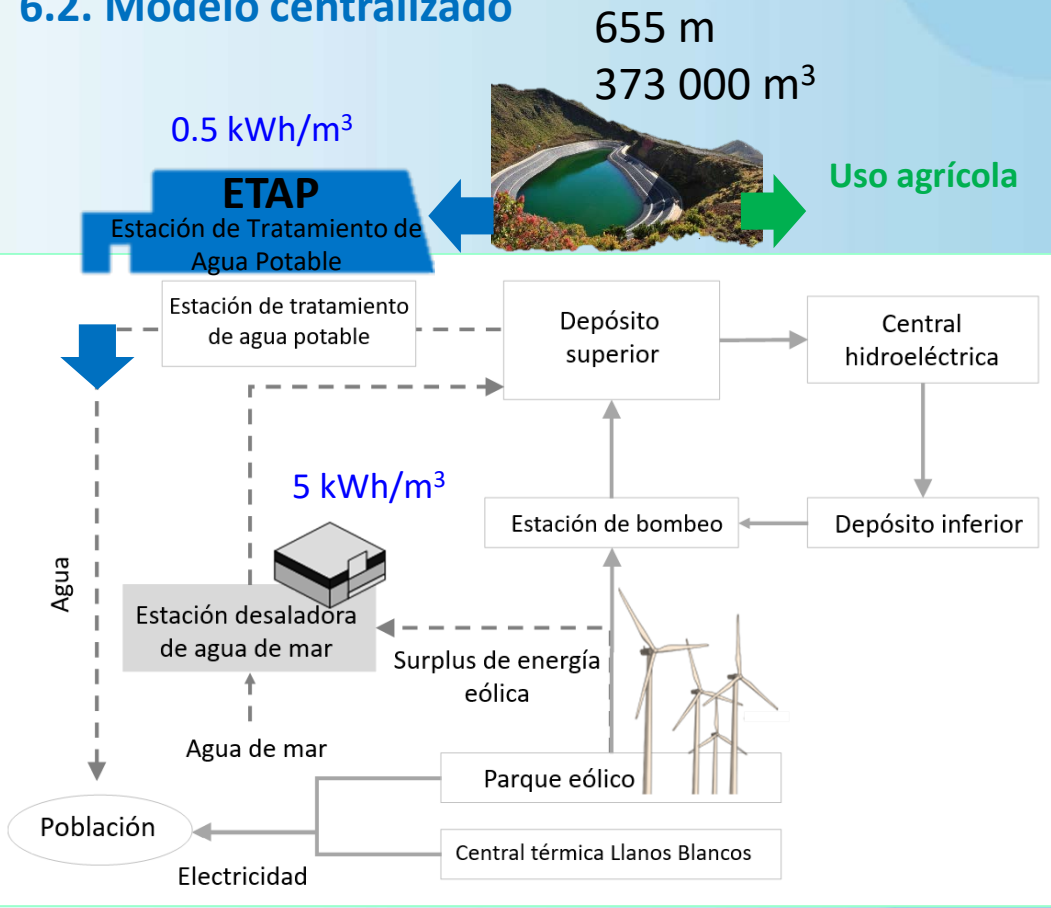
Prioridad 1: Satisfacer la demanda de agua de consumo humano

Prioridad 2: Satisfacer la demanda de agua de riego

Prioridad 3: Satisfacer la demanda de riego por desalación antes que por agua de pozo

Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

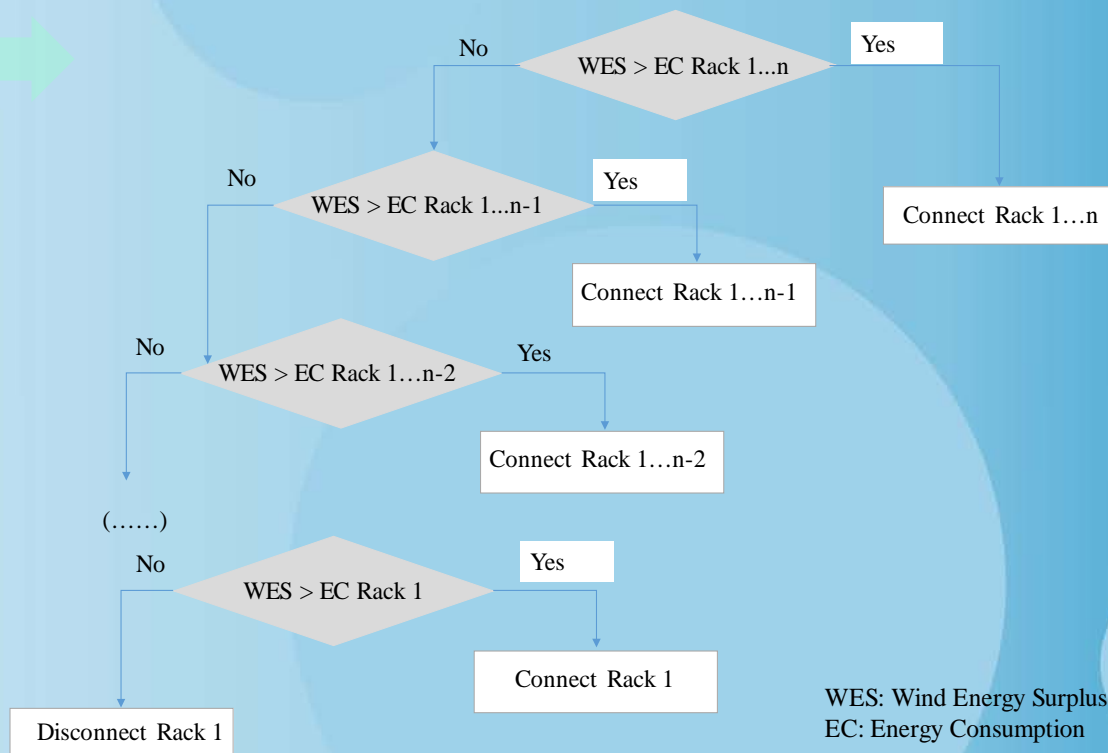
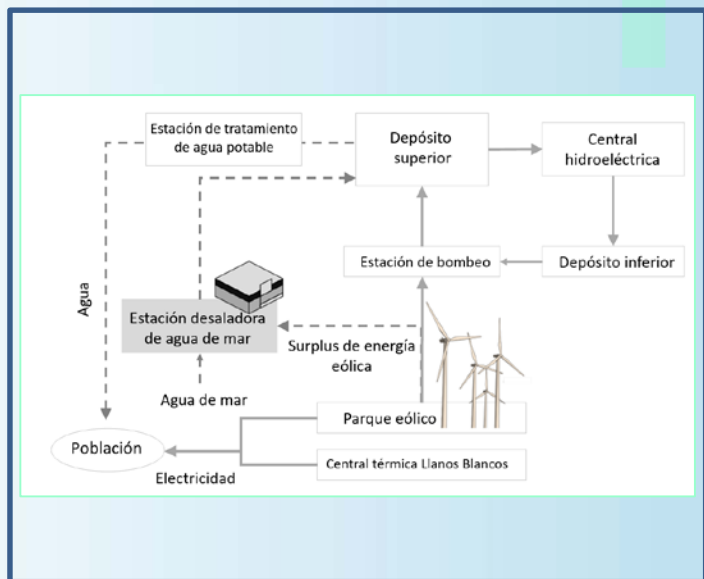
6.2. Modelo centralizado



- Planta desaladora modular con varios racks de OI idénticos e independientes.
- Cada tren de OI es capaz de funcionar de forma independiente, con su conexión y desconexión en función del excedente eólico disponible.
- El consumo de energía específico de la EDAM es de 5 kWh/m³:
 - 2.8 kWh/m³ desalación
 - 2.2 kWh/m³ bombeo (655 m)

Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

6.2. Modelo descentralizado



La producción de agua desalada por hora se calcula en función del número de racks de OI que pueden funcionar simultáneamente de acuerdo con el excedente de energía eólica disponible.

Operación irregular dependiendo de la disponibilidad del excedente eólico (constantes arranques y paradas controladas)

Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

7. Resultados. Modelo descentralizado

CH: Consumo humano
AR: Uso agrícola

Tabla. Volumen de agua producida en cada línea

Línea	Prioridad	Fuente	Uso del agua	Municipio	Consumo de energía eléctrica (kWh)	Producción (m ³ /año)	% Producción vs. demanda de agua
1	1	EDAM	CH	El Pinar	454.6	321 130	101.0
2	2	EDAM	CH	Valverde	568.7	384 450	101.0
3	6	EDAM	AR	Frontera	188.6	210 688	116.8
4	3	Pozo	CH	Frontera	Déficit: 490 m ³ /día (7% demanda anual de agua)		79.2
5	4	Pozo	CH	Frontera			95.4
6	5	Pozo	CH	Valverde		8.1	13 630
7	7	Pozo	AR	Frontera	Ampliación EDAM el Golfo con 1700 m ³ /día		91.7
8	8	Pozo	AR	Frontera			95.4
9	9	Pozo	AR	Valverde	37.9	67 126	61.5

- Se utiliza el 39% del excedente de energía eólica
- Aumento de la penetración de energía eólica del 37.6% al 46% , lo que representa un aumento de 22%

Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

7. Resultados. Modelo centralizado

Configuración: 8 Módulos de 2 500 m³/día

Tabla. Horas de operación y capacidad de producción

	horas	(%)
nº h parada	2313	26.4
Rack 1	6446	73.6
Rack 1-2	5697	65.0
Rack 1-3	4824	55.1
Rack 1-4	4248	48.5
Rack 1-5	3731	42.6
Rack 1-6	3220	36.8
Rack 1-7	2675	30.5
Rack 1-8	2064	23.6
Volumen total desalado (m³/año)	3 414 959	
Contribución (%)	103.4	

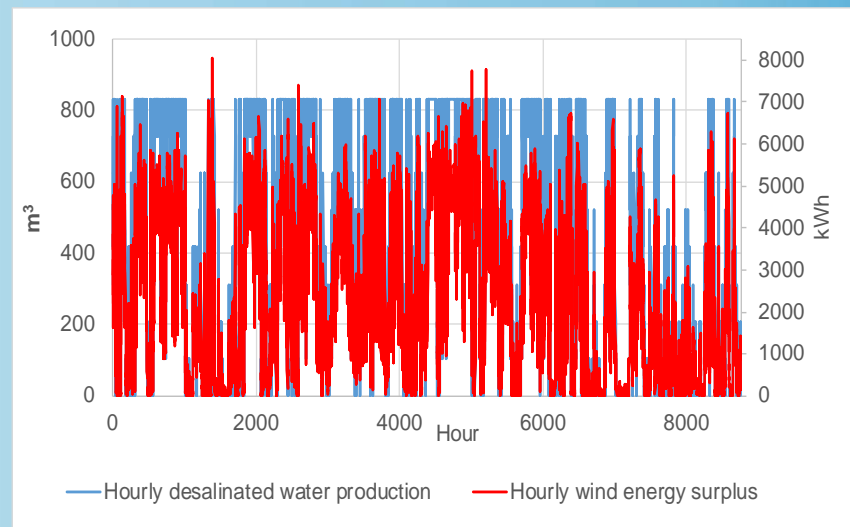


Figura. Producción anual de agua desalinizada y excedente eólico disponible

- Se utiliza el 84,3% del excedente de energía eólica
- Aumento de la penetración de energía eólica del 37.6% al 69% lo que implica un incremento de 83%

Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

7. Resultados. Modelo centralizado



Figura. Volumen de agua desalada acumulada

De toda el agua que es necesario almacenar la mitad puede ser almacenada en los depósitos actuales del isla y la otra mitad en la balsa.

Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

8. Conclusiones generales

El modelo de producción de agua **descentralizado** (que es el existente) conduce a un aumento de la penetración de renovables en torno al 22%, sin embargo, este escenario no resuelve el uso intensivo de los acuíferos principalmente con fines agrícolas que actualmente representa el 47% de la producción total de agua.

El modelo de producción de agua **centralizado** es capaz de satisfacer toda la demanda de agua de la isla con una penetración anual de renovables del 83%. En este escenario instalación de una planta desaladora de agua de mar centralizada y modular se adapta mejor al perfil del excedente eólico disponible.

Optimización de la gestión de cargas de las plantas desaladoras y bombes de la isla de El Hierro

9. Líneas futuras

- Proyección 2030: ciclo del agua y sistema energético (electricidad, vehículo eléctrico, etc.). Cobertura de la demanda con el sistema actual de Gorona.
- Propuestas para aumentar la contribución renovable a 2030 (eólica, solar, undimotriz, etc.)

Socios Europeos



Socios Tercer País y Asociados

