



**DESAL+**  
Laboratorio de I+D en Desalación



  
**MAC 2014-2020**  
Cooperación Territorial

**Interreg**   
Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
EUROPEAN UNION

# DESAL +

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

Optimización energética y de la calidad del agua en la IDAM de la isla de Porto Santo, Madeira  
Juan Antonio de la Fuente, Técnico de proyectos (ITC)

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

# Actividades realizadas en Porto Santo

**Estudio mejoras del sistema de remineralización**



**Estudio de autoconsumo con energía solar fotovoltaica**



# Estudio mejoras del sistema de re-mineralización



Figura 1. Lechos de calcita soterrados para evitar el impacto visual.



Figura 2. Re-mineralización mediante lechos de calcita y sistema de by-pass.

El sistema de re-mineralización existente disponía de 5 lechos de calcita con una capacidad de tratamiento individual de  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ , permitiendo tratar un caudal total de  $300 \text{ m}^3/\text{h}$ . Cada lecho de calcita puede contener una carga de 4 Ton de calcita que se consume lentamente con el paso del permeado que sale de las unidades de OI, aumentando así la alcalinidad, el calcio, los TDS y el pH del agua tratada.

No todo el agua desalada pasa por los lechos de calcita, se realiza un bypass (aprox. 30 a 40%) por lo que el agua que pasa por los lechos de calcita es el 60-70% del total de agua producida en los módulos de OI. No se dosifica  $\text{CO}_2$ .



# Estudio mejoras del sistema de re-mineralización

ARM traslada su preocupación por el descenso del pH y del índice de Langelier (LSI) a lo largo de la red de distribución. El LSI en la salida de la planta desaladora era de -0,43 (con un pH de 9,1); y en el depósito de almacenamiento más próximo ya era de -0,82 (pH de 8,7). Se constató que en el resto de depósitos el pH continúa descendiendo al igual que el IL. El valor más bajo registrado se sitúa en un **LSI de -1,33 para un pH de 8,2**.

En el marco del proyecto DESAL+ se ha realizado un informe titulado **“ESTUDIO Y PROPUESTAS DE LA REMINERALIZACIÓN DE LA IDAM DE PORTO SANTO”** con la colaboración de la FCCA experto en la materia y socio del proyecto. En el informe se expone la problemática reportada por ARM así como algunas recomendaciones y posibles soluciones para estabilizar los valores de pH y del LSI.

Tras el estudio realizado se sugirió que el agua estaba absorbiendo CO<sub>2</sub> de la atmósfera, por lo que disminuía el valor del pH. La solución propuesta fue dosificar 18 mg CO<sub>2</sub>/l antes de los lechos de calcita, dando un período de contacto en los lechos de calcita de 12 min (en verano) a 15 min (en invierno); también se propuso cambiar el diseño original de los lechos de flujo descendente a flujo ascendente, más eficientes.

# Estudio mejoras del sistema de re-mineralización

Para validar la solución sugerida se realizaron algunas pruebas. Uno de los lechos de calcita se desconectó del sistema de pos-tratamiento, se instaló un nuevo caudalímetro y un pequeño sistema de dosificación de CO<sub>2</sub> y se realizó una reconfiguración de tuberías para permitir las pruebas con flujo ascendente y descendente.

Tras las primeras pruebas, se obtuvieron los siguientes parámetros operativos:

Test	Flow (m3/h)	Cont. time (min)	Dosing		Consumption		flow dir. (asc/desc)
			CO2 (mg/l)	CaCO3 (mg/l)	CO2 (kg/day)	CaCO3 (kg/day)	
1	19,9	15	18	63	8,6	30,1	asc
2	29	10	18	63	12,5	43,9	asc

Los primeros resultados mostraron un aumento de alcalinidad y dureza, como se puede observar

	Total Alkalinity mg/l CaCO3	Calcium mg/l	CO2 mg/l	Magnesium mg/l	pH	LSI	°F
No CO2	12	5,2	0,017	2,4	9,1	-0,43	2,3
Test 1	39	18	0,33	3,6	8,4	-0,17	6,0
Test 2	51	21	0,47	3,2	8,3	-0,15	6,6

# Estudio mejoras del sistema de re-mineralización

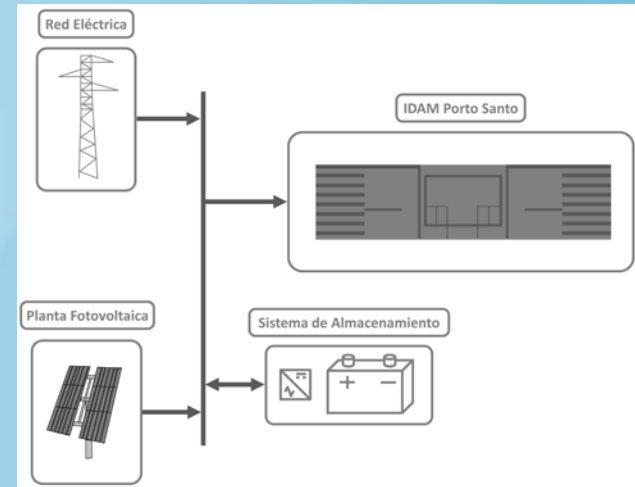
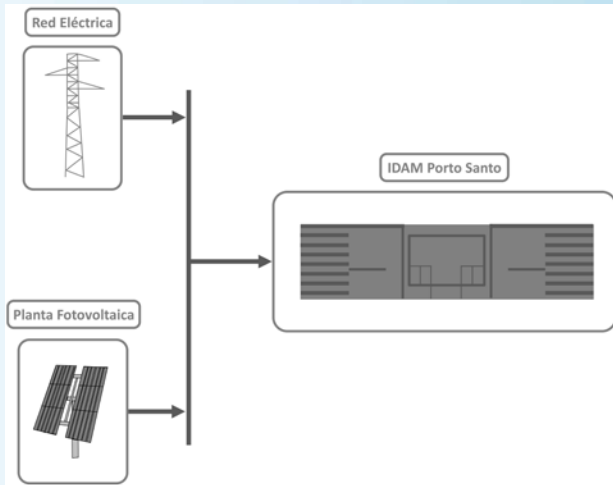
Sorprendentemente, la segunda prueba con mayor flujo y menos tiempo de contacto revela otro aumento en la alcalinidad y un LSI aún mejor. La dureza del agua medida en grados franceses aumentó de 2,3 a 6,6.

Se instalará un mezclador estático para incrementar la mezcla de CO<sub>2</sub> con el permeado, ya que la distancia real entre el punto de inyección y el lecho de calcita no tiene la distancia óptima debido a dificultades de instalación.

Tras los segundos ensayos, en los que se probó con flujo ascendente y descendente, los resultados obtenidos fueron similares. Como los filtros eran originalmente de flujo descendente, hubo pruebas que solo se hicieron en flujo descendente. Se repitió una de las pruebas porque apareció un valor de CO<sub>2</sub> bajo en el informe y el LSI un poco alto, se atribuye a una mala regulación del inyector de CO<sub>2</sub> dado que la escala no es muy precisa.

# Estudio de autoconsumo con energía solar fotovoltaica

En este trabajo se analizó la asociación de generación solar FV a la IDAM Porto Santo considerándose además un sistema de almacenamiento de energía por baterías de iones de litio (Li-Ion).



El trabajo incluyó el estudio de aspectos técnicos y económicos para el dimensionado de una planta fotovoltaica y de un sistema de almacenamiento de energía.

Para ello se consideró un rango de potencia para la planta fotovoltaica así como varios valores de capacidad del sistema de almacenamiento con objeto de identificar los dimensionados más adecuados. No se consideró la venta de energía a la red.

# Estudio de autoconsumo con energía solar fotovoltaica

Se utilizó la aplicación informática HOMER Pro® para el estudio energético y hojas de cálculo desarrolladas por el ITC para los cálculos económicos.

Parámetros calculados con HOMER:

- ✓ Producción fotovoltaica.
- ✓ Consumo de energía desde la red eléctrica.
- ✓ Demanda de energía cubierta por el campo FV.
- ✓ Excedente de energía fotovoltaica.
- ✓ Energía consumida y cedida por el sistema de almacenamiento (en su caso).

Mediante las hojas de cálculo se obtuvieron, entre otros, los siguientes parámetros:

- ✓ Valor Actual Neto (VAN).
- ✓ Tasa Interna de Retorno (TIR).
- ✓ Plazo de Recuperación (en inglés Payback).
- ✓ Coste nivelado de la energía (en inglés Levelized Cost of Energy (LCoE)).

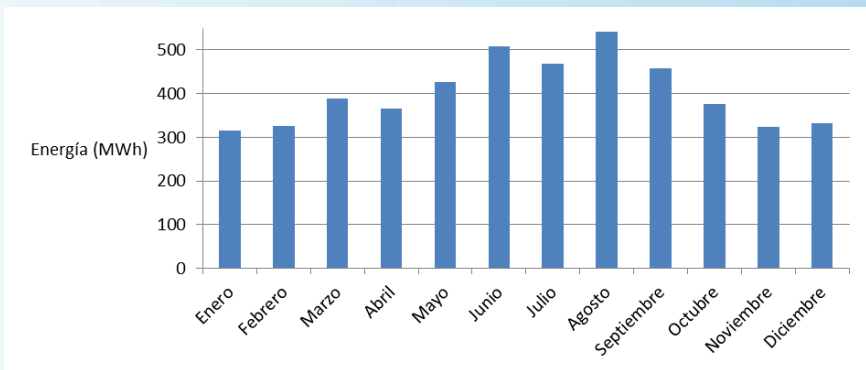


# Estudio de autoconsumo con energía solar fotovoltaica

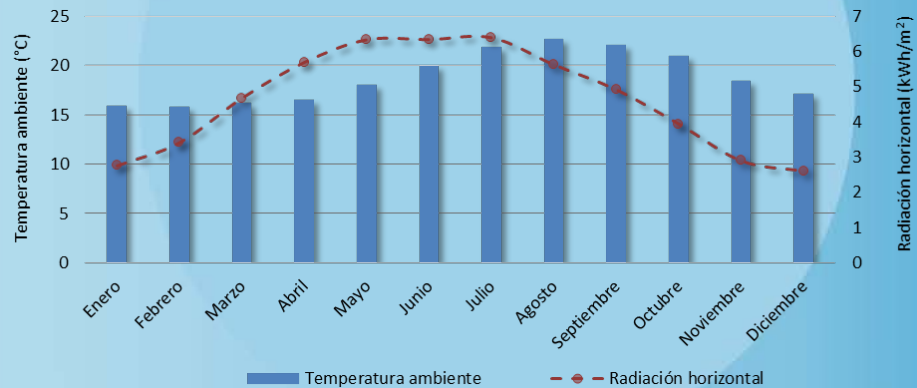
La demanda anual de energía de la IDAM Porto Santo es de 4.833,82 MWh con una demanda diaria media de unos 13.243 kWh.

La tarifa eléctrica de la energía de la red, corresponde a la tarifa de media tensión con discriminación horaria (precio máximo 0,1235 €/kWh y mínimo 0,0613 €/kWh).

La irradiancia solar y temperatura ambiente, se obtuvieron de la aplicación informática Meteonorm con datos de una estación meteorológica situada en la propia isla de Porto Santo, muy próxima a la IDAM.



Demanda mensual de energía eléctrica de la IDAM Porto Santo usada para la realización del estudio.



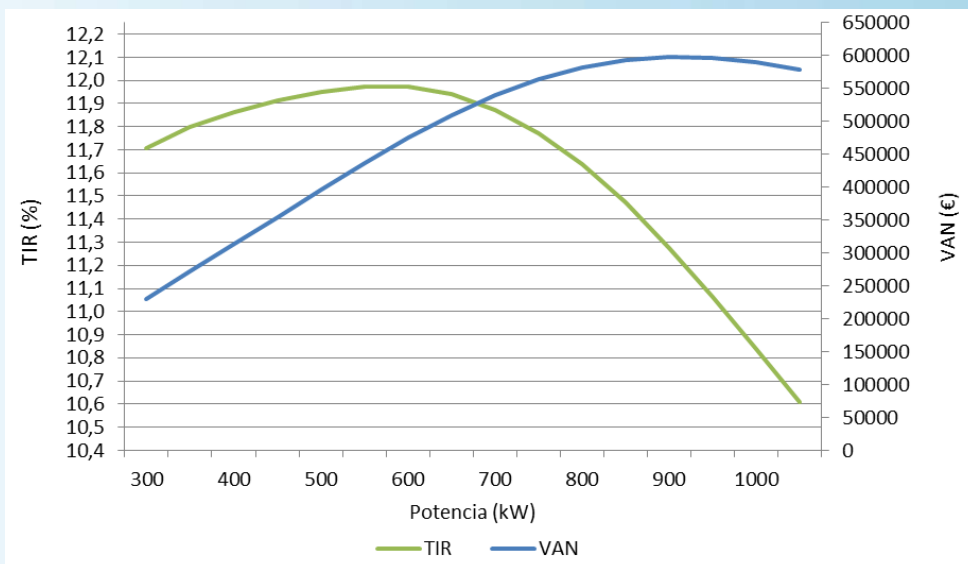
Radiación horizontal diaria media y temperatura ambiente horaria media para cada mes en Porto Santo obtenidas mediante Meteonorm.

# Estudio de autoconsumo con energía solar fotovoltaica

## Instalación FV sin sistema de almacenamiento:

Los valores de potencia estudiados están entre los 300 y 1050 kW, siendo esta franja de potencia la que presenta mayor viabilidad técnico-económica.

Los resultados obtenidos indican que para potencias de planta FV entre 450 y 650 kW se obtienen las mayores TIR (superiores al 11,9 %) y menores plazos de recuperación (de 14 años, atractivo considerando que la vida útil de la instalación se estima en 25 años).



Evolución del VAN y el TIR en función de la potencia fotovoltaica nominal instalada.

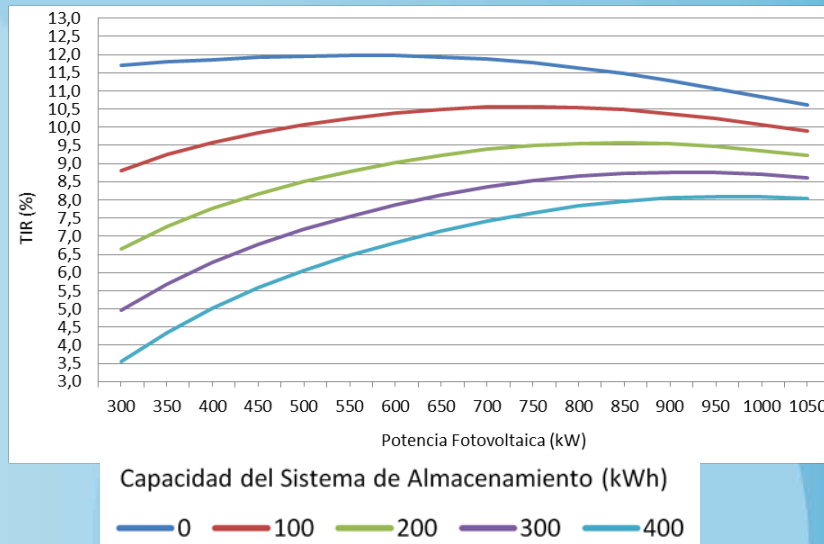
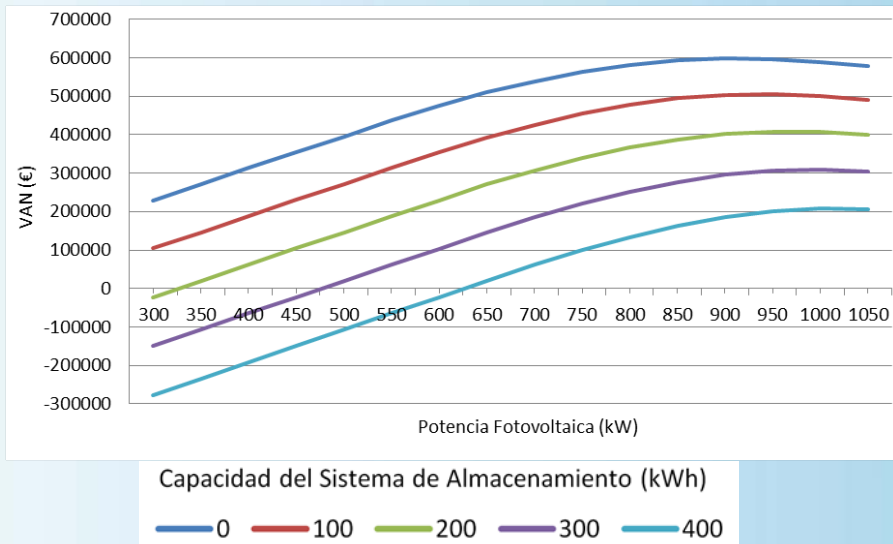
Los mayores beneficios (mayor VAN) se obtiene para un rango de potencia FV instalada de 850 a 950 kW. Los valores del VAN para dicho rango son superiores a 590.000 €.

Por disponibilidad de espacio en la IDAM de Porto Santo solo se puede poner 120 kW de FV:

Valor Actual Neto (VAN) (€)	78.344,11
Tasa Interna de Retorno (TIR) (%)	10,795
Plazo de Recuperación (Payback) (años)	16

# Estudio de autoconsumo con energía solar fotovoltaica

## Instalación FV con sistema de almacenamiento:



VAN para distintas potencias de instalación FV y sistema de almacenamiento con varias capacidades.

TIR para distintas potencias de instalación FV y sistema de almacenamiento con varias capacidades.

Se observa que los valores del VAN y de la TIR decrecen con el aumento de la capacidad de almacenamiento. El decrecimiento del VAN incluso alcanza valores negativos para algunas de las potencias de la planta FV analizadas, no llegando a recuperar la inversión.

Se debe a que el incremento del uso de la energía FV gracias a la batería no es suficiente para compensar su coste.

## Socios Europeos





# Socios Tercer País y Asociados

