DESAL+ DESALINATION LIVING LAB

Aportación de la Universidad de La Laguna

Optimización de la eficiencia energética en plantas desaladoras usando un sistema genético Neuro-Fuzzy.

Autor: Nicolás Marichal Plasencia

Institución: Universidad de La Laguna

Jornada de divulgación de resultados | 28 de Noviembre | Online

MAC 2014-2020 Cooperación Territorial

Interreg

Fondo Europeo de Desarrollo Regional

EUROPEAN UNION

Actividades y líneas de investigación

Universidad de La Laguna

- **Actividad 2.1.1**: I+D+i en el uso intrínseco de energías renovables a la desalación

- **Actividad 2.1.2:** I+D+i en calidad de aguas desaladas, pretratamientos y vertido de salmueras

- **Actividad 2.1.3:** I+D+i en Desalación Inteligente

Actividades y líneas de investigación

Universidad de La Laguna

- **Actividad 2.1.1**: I+D+i en el uso intrínseco de energías renovables a la desalación

Forecasting of wave energy in Canary Islands based on Artificial Intelligence Applied Ocean Research, Vol. 101. 2020

Prediction of wave energy transformation capability in isolated islands by using the monte carlo method Journal of Marine Science and Engineering, Vol. 9, Núm. 9. 2021

Wave Energy Potential of the Coast of El Hierro Island for the Exploitation of a Wave Energy Converter (WEC) Sustainability (Switzerland), Vol. 14, Núm. 19. 2022

The Future of Energy in Ships and Harbors. The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation (En Prensa).

Assessment of Wave Energy Converters Based on Historical Data from a Given Point in the Sea. Water 2023, 15(23), 4075

Actividades y líneas de investigación

Universidad de La Laguna

- **Actividad 2.1.1**: I+D+i en el uso intrínseco de energías renovables a la desalación

Hybrid renewable energy systems for energy supply to autonomous desalination systems on Isolated Islands. Chapter. Design, Analysis and Applications of Renewable Energy Systems (Elsevier), pp. 23-51. 2021

Modeling stochastic renewable energy processes by combining the Monte Carlo method and mixture density networks Chapter. Intelligent Learning Approaches for Renewable and Sustainable Energy, publication date 16 June, 2024. ISBN: 9780443158063

Actividades y líneas de investigación

- **Actividad 2.1.1**: I+D+i en el uso intrínseco de energías renovables a la desalación

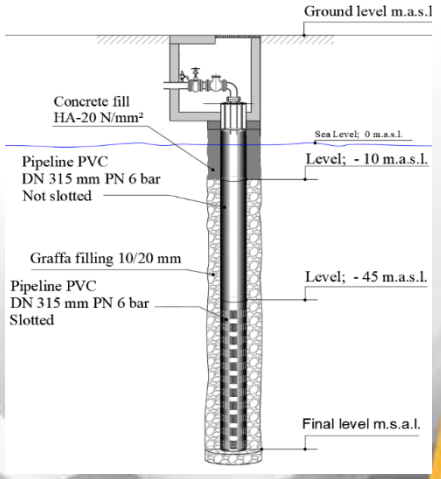
Prediction of the variability of wave energy potential in an offshore point European Conference on Renewable Energy Systems (ECRES 2023), Riga / Latvia del 18-20 Mayo 2023

Feasibility study of renewable energy systems to supply energy to desalination plants 36th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation And Environmental Impact of Energy Systems (ECOS2023). Las Palmas de Gran Canaria del 25 al 30 de junio de 2023

Indirect condition monitoring of the transmission belts in a desalination plant by using deep learning. VIII Congreso Internacional de Inteligencia Artificial y Reconocimiento de Patrones (IWAIPR 2023), en el marco de la V Convención Científica Internacional UCIENCIA, del 27 al 29 de septiembre de 2023, Varadero, Cuba. Springer.

Actividades y líneas de investigación

- **Actividad 2.1.2:** I+D+i en calidad de aguas desaladas, pretratamientos y vertido de salmueras



Actividades y líneas de investigación

- **Actividad 2.1.2:** I+D+i en calidad de aguas desaladas, pretratamientos y vertido de salmueras

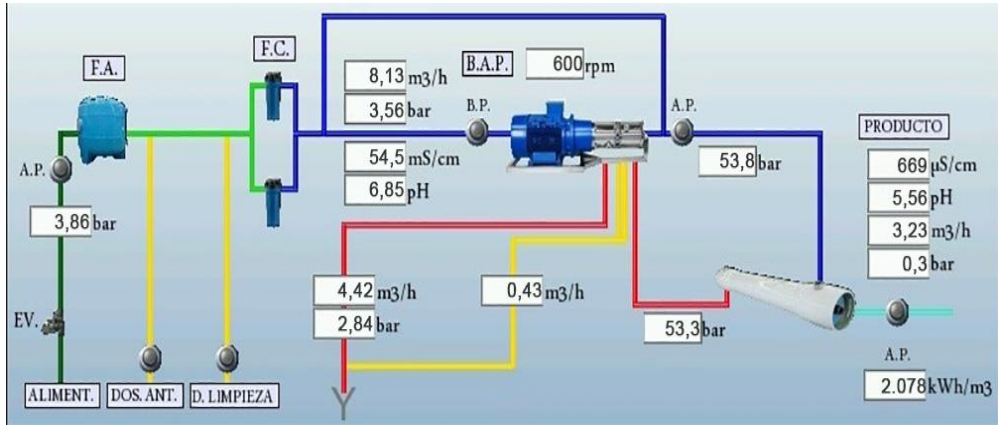
Aplicación de técnicas de machine learning para predecir el crecimiento de plantas ornamentales .XVI Simposio CEA de Control Inteligente. 1-3 Diciembre 2021. Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, Spain.

Experimental designs and preliminary results of the study of the adequacy of desalinated water for the irrigation of bananas in the north of Tenerife. European Desalination Society. Desalination for the Environment. Clean Water and Energy. 20–23 June 2022. Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, Spain

The Environmental Impact of Water Intakes and Discharges for Desalination. International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (Sponsored IEEE), ICECCME 19-20 July 2023. Tenerife. Spain

Actividades y líneas de investigación

- **Actividad 2.1.3:** I+D+i en Desalación Inteligente



Actividades y líneas de investigación

- **Actividad 2.1.3:** I+D+i en Desalación Inteligente

Machine learning models applied to manage the operation of a simple swro desalination plant and its application in marine vessels. Water (Switzerland), Vol. 13, Núm. 18. 2021.

Energy analysis of a seawater reverse osmosis desalination system for small marine vessels. Desalination and Water Treatment, Vol. 225, pp. 364-370. 2021

Aplicación de técnicas de Machine Learning para la predicción de posibles averías de correas en equipos rotatorios. Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica-CIBIM 2022. Madrid. Spain.

Clasificación de Correas mediante Neuro-Fuzzy Genético. XXIV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica. 25–27 Octubre 2023. Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, Spain

An experimental study of the effect of feed water temperature variation on the performance of a seawater Reverse Osmosis spiral wound membrane. 6th International Conference on Desalination using Membrane Technology. 19-22 November 2023. Sitges, Spain

Energy Efficiency Optimization in Onboard SWRO Desalination Plants Based on a Genetic Neuro-Fuzzy System. Applied Sciences (Switzerland), Vol. 13, Núm. 6. 2023

Actividades y líneas de investigación

Universidad de La Laguna

- **Actividad 2.1.3:** I+D+i en Desalación Inteligente

Machine learning models applied to manage the operation of a simple swro desalination plant and its application in marine vessels. Water (Switzerland), Vol. 13, Núm. 18. 2021.

Energy analysis of a seawater reverse osmosis desalination system for small marine vessels. Desalination and Water Treatment, Vol. 225, pp. 364-370. 2021

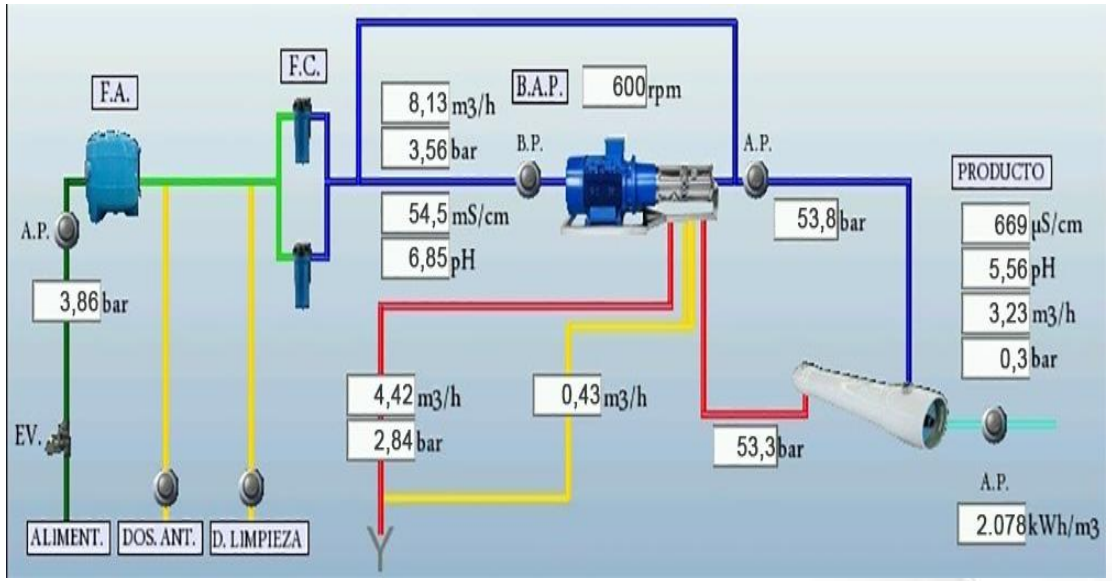
Aplicación de técnicas de Machine Learning para la predicción de posibles averías de correas en equipos rotatorios. Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica-CIBIM 2022. Madrid. Spain.

Clasificación de Correas mediante Neuro-Fuzzy Genético. XXIV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica. 25–27 Octubre 2023. Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, Spain

An experimental study of the effect of feed water temperature variation on the performance of a seawater Reverse Osmosis spiral wound membrane. 6th International Conference on Desalination using Membrane Technology. 19-22 November 2023. Sitges, Spain

Energy Efficiency Optimization in Onboard SWRO Desalination Plants Based on a Genetic Neuro-Fuzzy System. Applied Sciences (Switzerland), Vol. 13, Núm. 6. 2023

Dessol


F.A.
F.C.
B.A.P.
600 rpm
8,13 m3/h
3,56 bar
B.P.
A.P.
PRODUCTO
A.P.
3,86 bar
54,5 mS/cm
6,85 pH
53,8 bar
669 µS/cm
5,56 pH
3,23 m3/h
0,3 bar
4,42 m3/h
2,84 bar
0,43 m3/h
53,3 bar
EV.
A.P.
2.078 kWh/m3
ALIMENT.
DOS. ANT.
D. LIMPIEZA

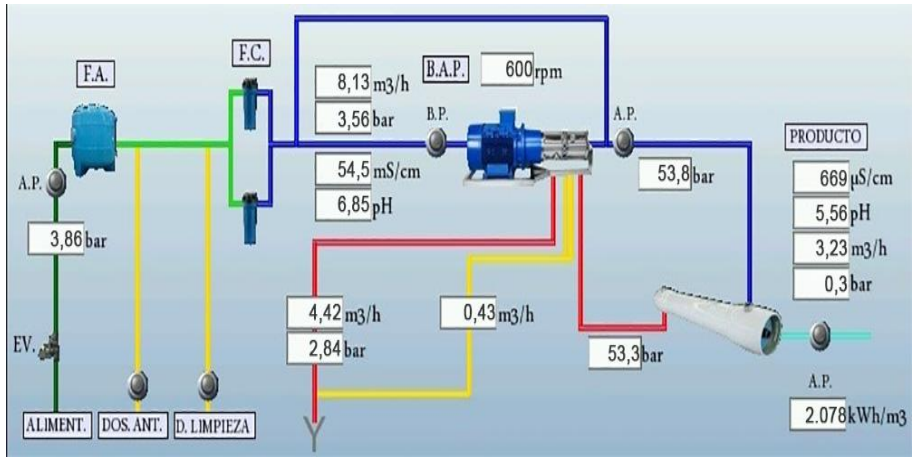


Table 1. Main parameters of the SWRO plant used in the study.

Parameter	Unit Values/Characteristics
Production capacity	80–100 m^3/day
High-pressure pump operating pressure	20.8–57 Bar
HPP maximum pressure	57 Bar
HPP RPM nominal point	600
Feed flow rate	8.01–10.15 m^3/h
Permeate flow rate	3.09–4.15 m^3/h
General energy consumption	3.8–9 kWh
Total specific energy consumption (Salino pressure center)	2–2.5 kWh/m^3
Type of membrane	Hydranautics SWC4 MAX (Spiral wound)
Permeate recovery rate	34–43%

Sample number	Seawater pH	Seawater conductivity (mS/cm)	Feed flow rate (m^3/h)	HPP outlet pressure (bar)	Permeate conductivity (µS/cm)	Permeate flow rate (m^3/h)	Total energy consumption (kWh)
1	6.85	54.5	8.13	53.8	669	3.23	6.712
…	…	…	…	…	…	…	…
300	6.86	54.2	8.11	53.7	661	3.32	6.684
…	…	…	…	…	…	…	…
500	6.87	53.6	9.18	55.2	592	3.63	7.794
…	…	…	…	…	…	…	…
580	6.85	53.6	9.81	56.2	561	3.89	8.568
…	…	…	…	…	…	…	…
660	6.85	54.1	8.8	54.7	619	3.57	7.393
…	…	…	…	…	…	…	…
900	6.86	54.3	8.09	53.9	669	3.2	6.67
…	…	…	…	…	…	…	…
1149	6.85	54.6	8.13	53.6	658	3.24	6.678

Sample number	Seawater pH	Seawater conductiv-ity (mS/cm)	Feed flow rate (m^3/h)	HPP outlet pressure (bar)	Permeate conductiv-ity (µS/cm)	Permeate flow rate (m^3/h)	Total energy consumption (kWh)
1	6.85	54.5	8.13	53.8	669	3.23	6.712
…	…	…	…	…	…	…	…
300	6.86	54.2	8.11	53.7	661	3.32	6.684
…	…	…	…	…	…	…	…
500	6.87	53.6	9.18	55.2	592	3.63	7.794
…	…	…	…	…	…	…	…
580	6.85	53.6	9.81	56.2	561	3.89	8.568
…	…	…	…	…	…	…	…
660	6.85	54.1	8.8	54.7	619	3.57	7.393
…	…	…	…	…	…	…	…
900	6.86	54.3	8.09	53.9	669	3.2	6.67
…	…	…	…	…	…	…	…
1149	6.85	54.6	8.13	53.6	658	3.24	6.678

Toma de datos y validación de los mismos

Toma de datos y validación de los mismos

Aplicación de requerimientos (rango de cantidad de agua diaria, rango de conductividad del agua permeada y rango de energía total consumida)

Toma de datos y validación de los mismos

Aplicación de requerimientos (cantidad de agua diaria mínima, conductividad del agua permeada máxima y energía total consumida máxima)

Permeate conductivity (µS/cm)	Permeate flow rate (m^3/h)	Total energy consumption (kWh)
669	3.23	6.712
…	…	…
661	3.32	6.684
…	…	…
592	3.63	7.794
…	…	…
561	3.89	8.568
…	…	…
619	3.57	7.393
…	…	…
669	3.2	6.67
…	…	…
658	3.24	6.678

MAC 2014-2020 Cooperación Territorial
Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

Toma de datos y validación de los mismos

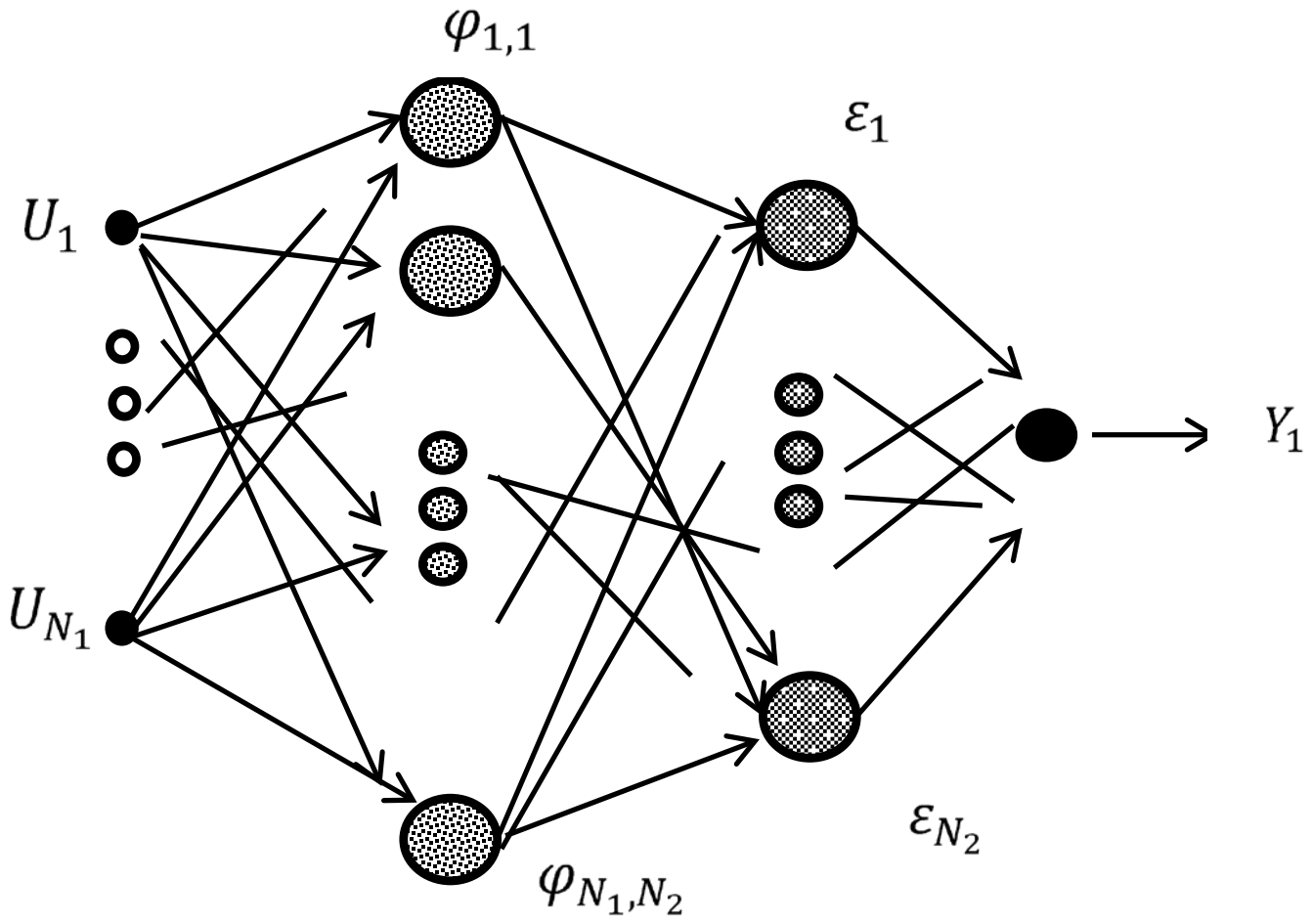
Aplicación de requerimientos (cantidad de agua diaria mínima, conductividad del agua permeada máxima y energía total consumida máxima)

Generación de tabla de valores óptimos

Permeate conductivity (µS/cm)	Permeate flow rate (m^3/h)	Total energy consumption (kWh)
669	3.23	6.712
…	…	…
661	3.32	6.684
…	…	…
592	3.63	7.794
…	…	…
561	3.89	8.568
…	…	…
619	3.57	7.393
…	…	…
669	3.2	6.67
…	…	…
658	3.24	6.678

Se utiliza una ***FUNCIÓN DE COSTO*** que pesa:

1) Total de la energía consumida
2) Cantidad de agua diaria
3) Conductividad del agua producto



Sistema GNF

Toma de datos y validación de los mismos

Aplicación de requerimientos (rango de cantidad de agua diaria, rango de conductividad del agua permeada y rango de energía total consumida)

Generación de tabla de valores óptimos

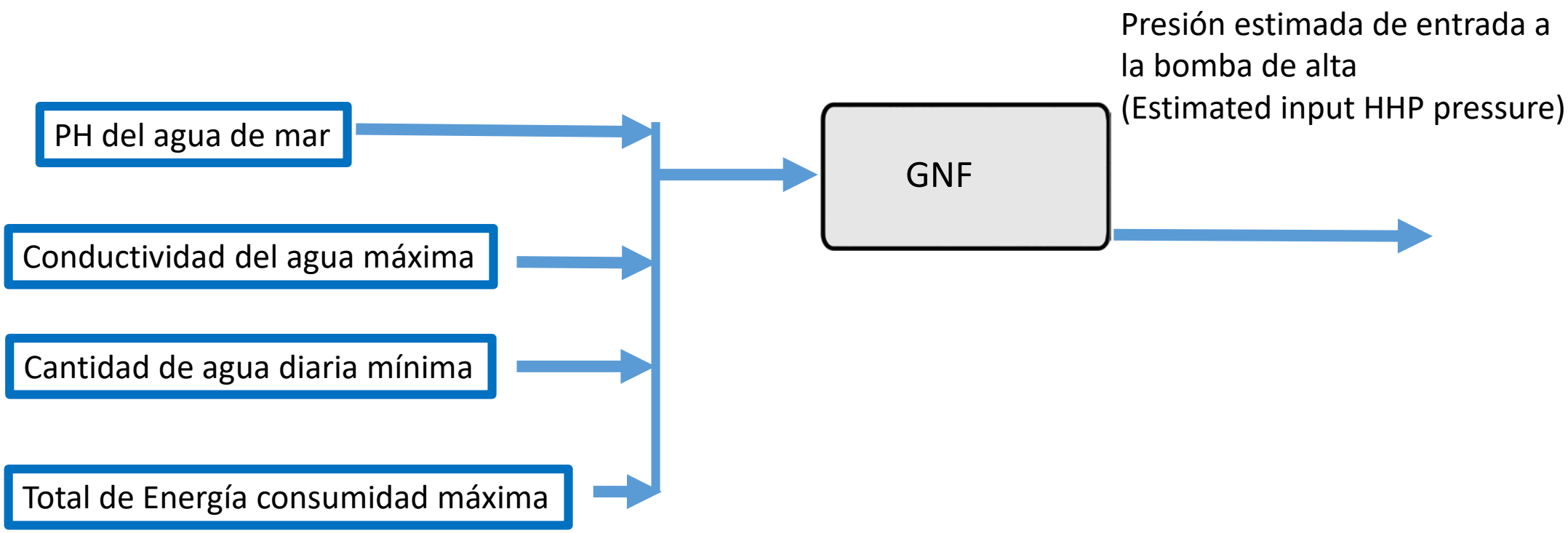
Entrenamiento del sistema GNF

MAC 2014-2020 Cooperación Territorial
Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

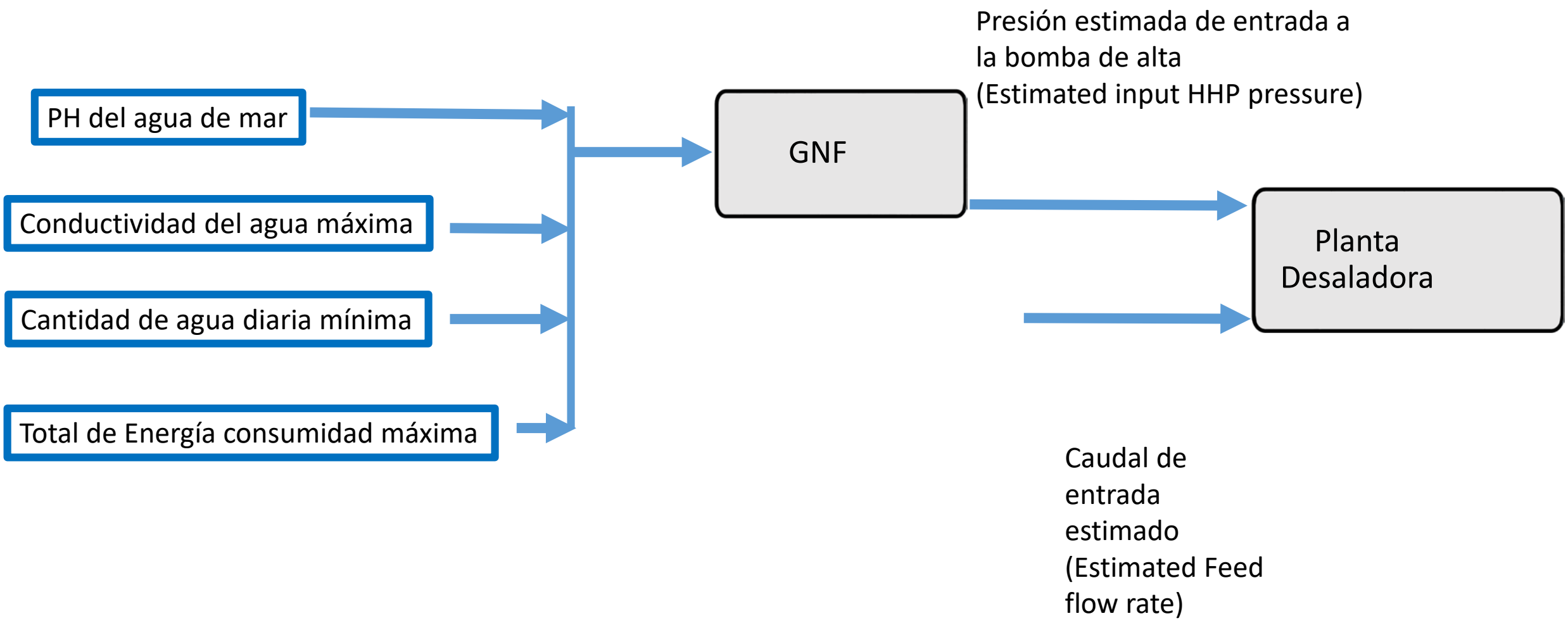
FASE I

- PH del agua de mar
- Conductividad del agua máxima
- Cantidad de agua diaria mínima
- Total de Energía consumidad máxima

FASE I

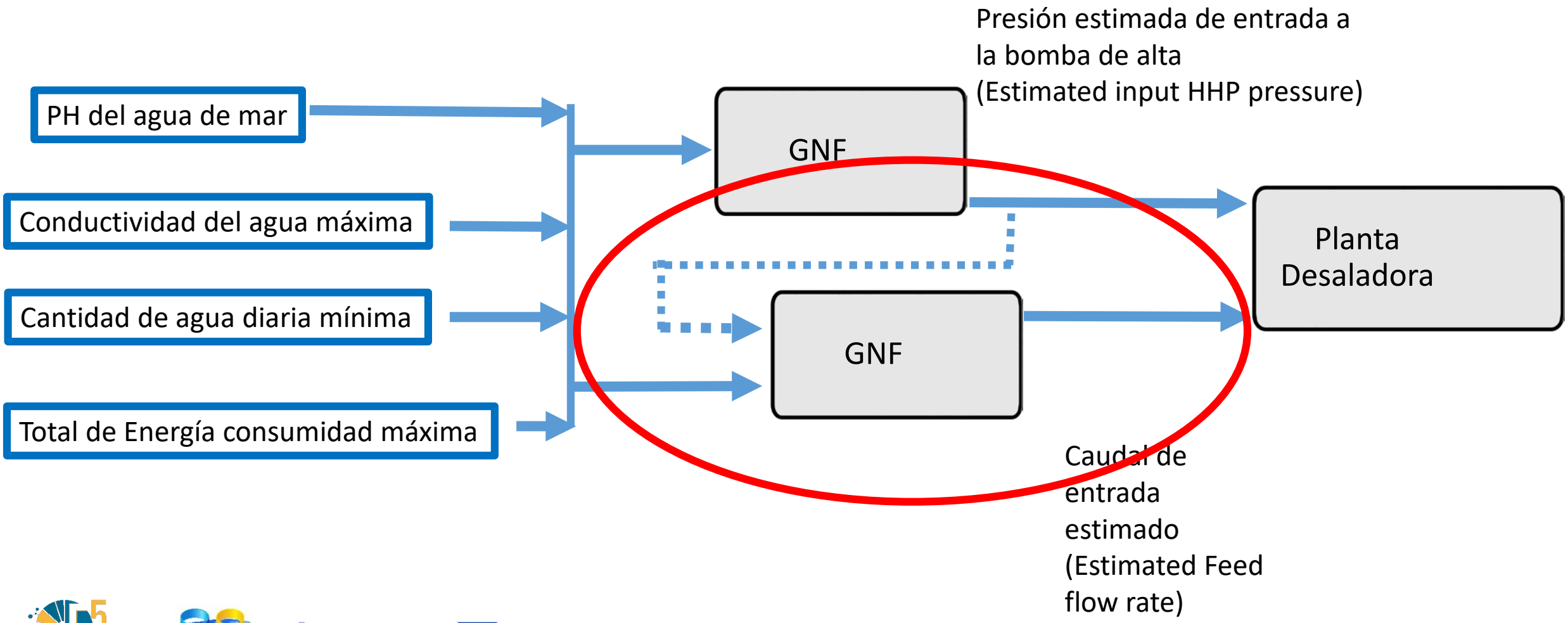

PH del agua de mar
Conductividad del agua máxima
Cantidad de agua diaria mínima
Total de Energía consumidad máxima
GNF
Presión estimada de entrada a la bomba de alta
(Estimated input HHP pressure)

FASE I



MAC 2014-2020 Cooperación Territorial
Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

FASE II


Presión estimada de entrada a la bomba de alta (Estimated input HHP pressure)
PH del agua de mar
Conductividad del agua máxima
Cantidad de agua diaria mínima
Total de Energía consumidad máxima
GNF
GNF
Planta Desaladora
Caudal de entrada estimado (Estimated Feed flow rate)

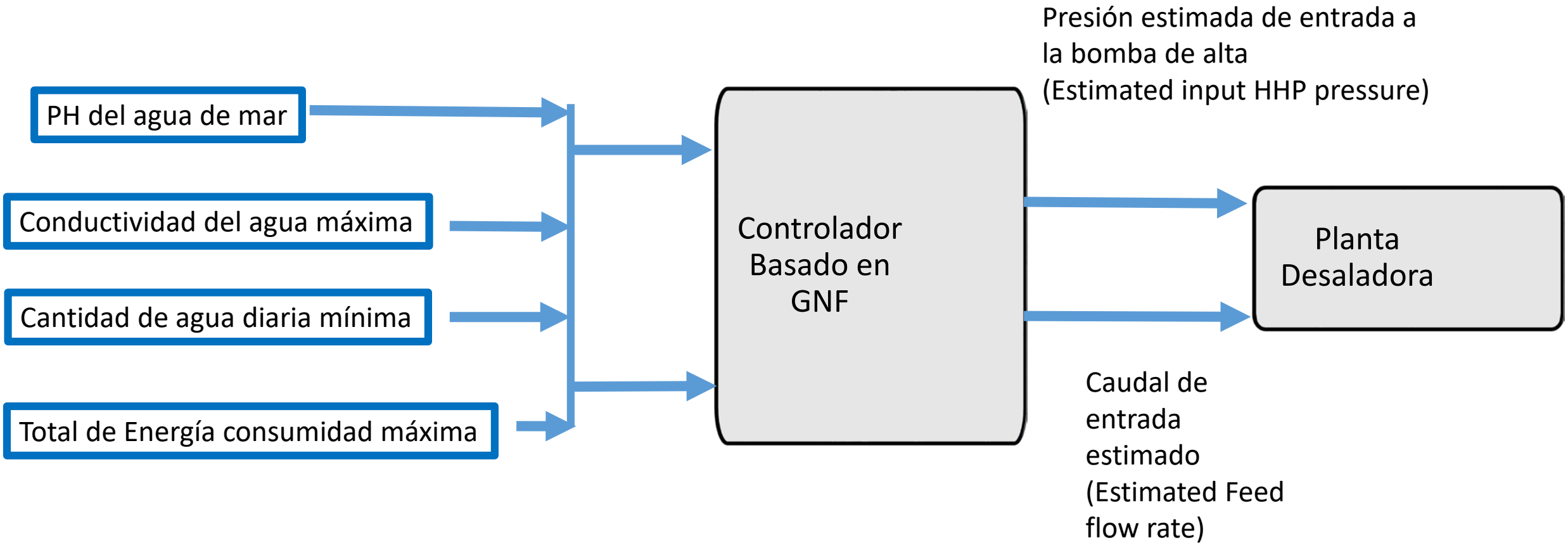

PH del agua de mar
Conductividad del agua máxima
Cantidad de agua diaria mínima
Total de Energía consumidad máxima
Controlador Basado en GNF
Presión estimada de entrada a la bomba de alta (Estimated input HHP pressure)
Planta Desaladora
Caudal de entrada estimado (Estimated Feed flow rate)

Table 3. Comparison of results between outputs provided by GNF system and the real ones for HHP pressure

Genetic Neuro-Fuzzy output (Bar)	Real output (Bar)
3.8046	3.87
3.8194	3.86
3.6069	3.58
3.8081	3.83
3.7669	3.74
3.6065	3.63
3.5672	3.56
3.5303	3.50
3.6969	3.70

Table 4. Comparison between the outputs provided by GNF and the real ones for Feed flow rate.

Genetic Neuro-Fuzzy output (m^3/h)	Real output (m^3/h)
8.7748	8.76
8.1005	8.11
9. 7989	9.83
8.1168	8.13
8.1023	8.10
9.1191	9.13
9.1303	9.11
9.4670	9.46
8.7748	8.81

CONCLUSIONES

- ✓ Diseño de un **sistema de control inteligente** que permite la elección de las acciones de control que permiten **ajustarnos a unos criterios óptimos establecidos por el usuario.**

CONCLUSIONES

- ✓ Diseño de un **sistema de control inteligente** que permite la elección de las acciones de control que permiten **ajustarnos a unos criterios óptimos establecidos por el usuario.**
- ✓ Dicho sistema **construye un modelo particular para cada caso** y **aprovecha la experiencia de operación de la planta.**

CONCLUSIONES

- ✓ Diseño de un **sistema de control inteligente** que permite la elección de las acciones de control que permiten **ajustarnos a unos criterios óptimos establecidos por el usuario.**
- ✓ Dicho sistema **construye un modelo particular para cada caso** y **aprovecha la experiencia de operación de la planta.**
- ✓ Al **utilizar técnicas Neuro-Fuzzy** se **podrían extraer las reglas** que está seleccionando el sistema de control para realizar ese control de manera óptima en relación a los criterios establecidos.

CONCLUSIONES

- ✓ En el caso de ser desaladoras de **uso en barcos** permitiría una optimización mayor dado que **las variables en las diferentes zonas** en las que transita tienen **valores diferentes**.
- ✓ Asimismo, estas **estrategias** pueden suponer una **minoración de la vulnerabilidad frente** a los efectos del **cambio climático**, en tanto en cuanto se **adaptan al cambio** de los valores de las variables del entorno.

DESAL+ DESALINATION LIVING LAB

MAC 2014-2020 Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

EUROPEAN UNION

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

itc INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS

Gobierno de Canarias

ULPGC

Universidad de La Laguna

PLOCAN Plataforma Oceánica de Canarias

Gobierno de Canarias
Consejería de Economía, Industria, Comercio y Conocimiento
Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información

aream

AIRCENTRE

UNIVERSITE ASSANE SECK ZIGUINCHOR

جامعة نواكشوط العصرية
Université de Nouakchott Al-Aasriya
U.N.A.

UNIVERSIDADE CABO VERDE
uni