

Diseño del Proceso y del Control de una Planta Desalinizadora de Agua Salobre por Ósmosis Inversa de 40 m³/h para Uso Agrícola

Introducción

La gestión del agua enfrenta un desafío global debido a la creciente demanda y escasez, agravada en países como España por sequías frecuentes e irregularidad en las lluvias, intensificadas por el cambio climático. Esta situación afecta especialmente a la agricultura, responsable de cerca del 80% del consumo hídrico nacional y cuya sostenibilidad depende de la disponibilidad de agua para riego. Ante este panorama, la desalinización de agua salobre y marina mediante ósmosis inversa se presenta como una alternativa viable y sostenible para incrementar los recursos hídricos no convencionales. La ósmosis inversa emplea membranas semipermeables que operan bajo presión, permitiendo extraer agua con un consumo energético significativamente menor que las tecnologías tradicionales de evaporación y condensación. Esta tecnología ha sido validada como una solución clave para la desalinización, especialmente en zonas áridas como las Islas Canarias. Frente al avance del cambio climático y el aumento de la escasez de agua, la adopción de la ósmosis inversa será cada vez más esencial para garantizar un suministro de agua confiable y sostenible.

Objeto

El proyecto desarrolla un análisis completo de la ósmosis inversa, abarcando tanto el funcionamiento del proceso como la operación de la planta. Se han llevado a cabo diversas simulaciones para dimensionar adecuadamente la instalación, optimizando los métodos de filtración y evaluando los requerimientos energéticos. Además, se han analizado diferentes estrategias de control con el objetivo de garantizar un rendimiento óptimo del sistema.

Metodología de trabajo

- ▶ El proyecto inicia con una investigación sobre ósmosis inversa para seleccionar tecnologías adecuadas según características del agua salobre y su uso agrícola.
- ▶ Simulaciones técnicas realizadas:
 - **Advisor 3:** Analiza potencial de incrustaciones, determina dosis de antiincrustantes y máxima tasa de recuperación
 - **WAVE:** Optimiza configuración de membranas para garantizar calidad del permeado y eficiencia
- ▶ Diseño completado con selección detallada de equipos (bombas, filtros, membranas, sistemas químicos y control)
- ▶ Sistema de control implementado mediante:
 - Identificación de variables críticas y selección de instrumentos
 - Implementación de PLC adaptado a entradas/salidas requeridas
 - Modelo matemático que relaciona presión de alimentación y caudal de permeado para predecir comportamientos e implementar algoritmos de control (se usó Matlab)
- ▶ Elaboración final de planos técnicos del proceso y disposición en planta.

Solución adoptada

Se implementó un sistema de control basado en un modelo matemático que relaciona la presión de alimentación al sistema de ósmosis inversa con el caudal de permeado obtenido. Se diseñó un controlador PI que elimina el error en régimen permanente y, mediante el uso del método del lugar de las raíces, se aseguró que el sistema no presente una sobreoscilación superior al 5% en la señal de salida. Tras realizar distintas simulaciones, se concluyó que un tiempo de establecimiento de 1,66 segundos permite obtener la respuesta más rápida posible dentro de las limitaciones de la planta.

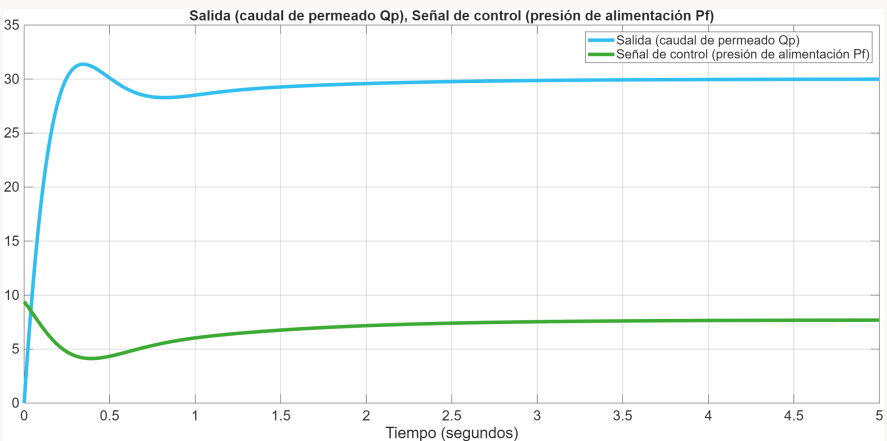
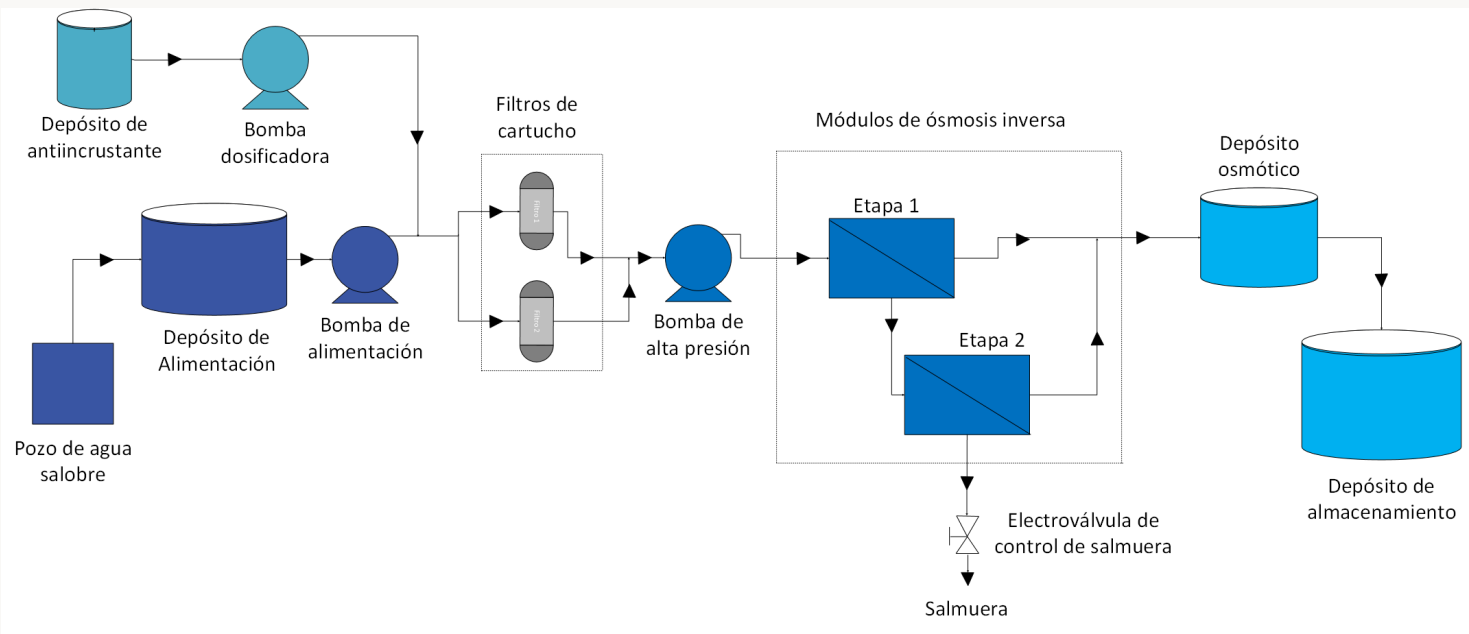


Diagrama del proceso



Conclusión

El diseño y control de una planta desaladora debe ser preciso y adaptado a las características del recurso hídrico y a las necesidades de uso, garantizando eficiencia, fiabilidad y sostenibilidad en la operación. Ante las consecuencias del cambio climático y la creciente escasez de agua, la implantación de plantas de ósmosis inversa resulta no solo necesaria, sino la mejor opción tecnológica disponible para asegurar el suministro de agua en regiones con estrés hídrico, gracias a su eficiencia energética, flexibilidad y capacidad para producir agua de alta calidad de manera sostenible. En particular, para el sector agrícola, estas plantas permiten disponer de recursos hídricos adecuados para el riego, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y a la sostenibilidad de la producción agrícola.