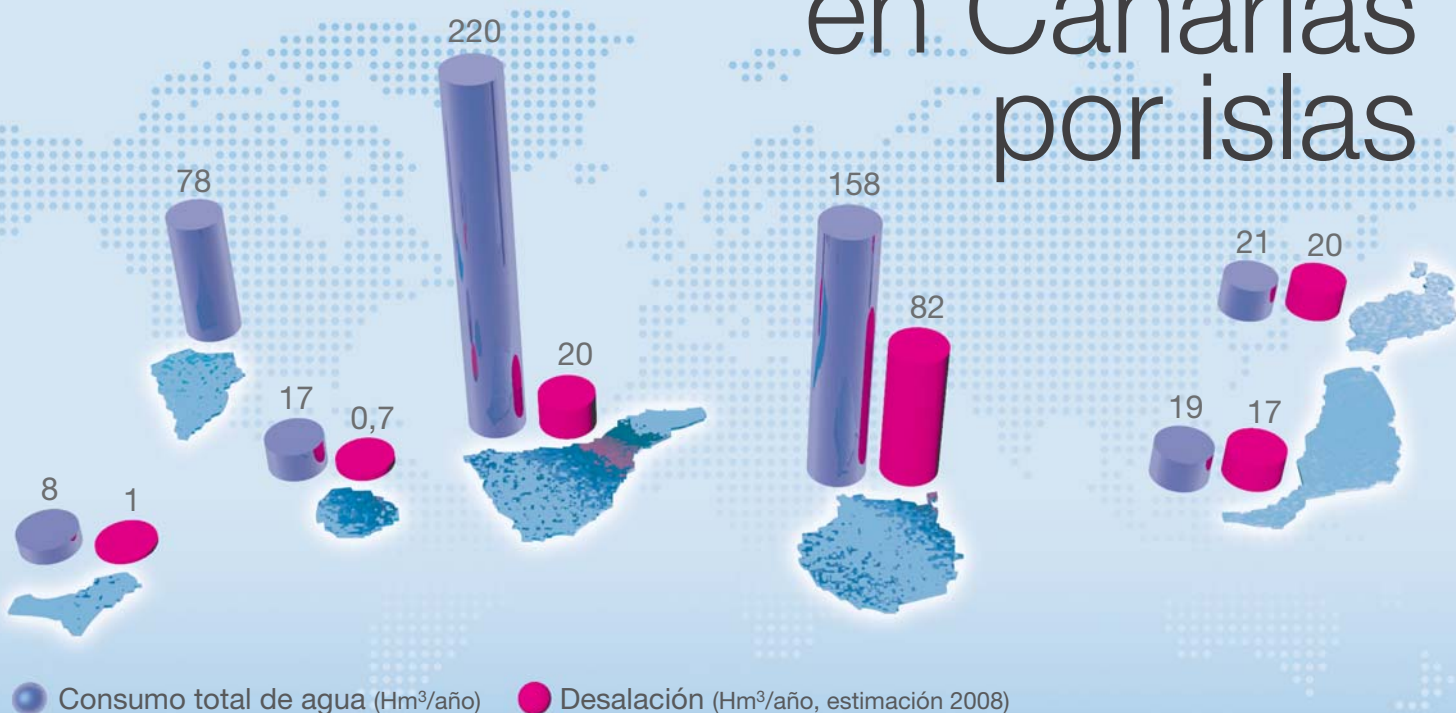


La desalación en Canarias por islas



El parque de plantas desaladoras de las Islas Canarias es uno de los más desarrollados y avanzados del mundo. A lo largo de las últimas 4 décadas, los descubrimientos e investigaciones realizadas en Canarias han repercutido de forma decisiva en el avance de las tecnologías de desalación en todo mundo.

La Fundación Centro Canario del Agua, arropada por las empresas

y administraciones que la apoyan está perpetuando esta tradición con desarrollos e innovaciones que han alcanzado repercusión mundial. Sin embargo, el desafío tecnológico que requiere la disminución de la huella de CO₂ que genera la desalación será mayor reto de los próximos años para garantizar un suministro estable.

En este número:

- 2 Guía para la remineralización de las aguas desaladas
- 5 Comparativa dolomita-calcita
- 6 Eficiencia de aplicación del CO₂
- 6 The FCCA at the IDA World Congress
- 7 La página DrinTec
- 8 Nuevo desarrollo: Lapas filtrantes para tuberías
- 8 Control automático de la calidad del agua en los bastidores

Guía para la remineralización de las aguas desaladas

(pag.2)



Guía para la remineralización de las aguas desaladas

En base a una serie de trabajos financiados por Acuamed y en colaboración con el Laboratorio de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla se ha realizado la primera edición de la Guía para la Remineralización de las Aguas Desaladas. La publicación, en fase final de edición, incluye información sobre el comportamiento de las aguas desaladas y remineralizadas en contacto con la atmósfera y recomendaciones concretas para el control y seguimiento de la remineralización. Incluye también un capítulo sobre las técnicas de remineralización.

El documento va acompañado de gráficos y tablas que ilustran las características del agua antes y después del proceso de tratamiento.

Objetivo

El objetivo general esta guía ha sido presentar, en base a datos y gráficas, los criterios que aclaren los conceptos alrededor de la evaluación de las aguas desaladas y su remineralización.

El objetivo específico ha sido definir las condiciones optimas de remineralización que garanticen una estabilidad del agua remineralizada en contacto con la atmósfera.

Trabajos realizados

Se ha realizado, en primer lugar, una extensa consulta bibliográfica sobre estos temas y en especial sobre los estándares de calidad. Paralelamente, se han realizado una serie de análisis de aguas desaladas y remineralizadas procedentes de distintas desaladoras con el fin de estudiar el comportamiento de estas aguas en contacto con la atmósfera. Los estudios incluyeron también aguas continentales con el fin de ampliar el espectro de la información. Para evaluar mejor los resultados se realizaron simulaciones matemáticas específicas sobre la remineralización y mezclas de aguas, utilizando programas de cálculo con base científica.

A continuación, se analizaron los criterios de evaluación más frecuentes y en especial el índice de saturación de Langelier (LSI) y el procedimiento de cálculo del pH de saturación (pH_{sat}).

En base, también, a datos concretos se examinan las características de las aguas remineralizadas y su comportamiento en contacto con la atmósfera, con el objetivo de definir los niveles óptimos de remineralización que garanticen un LSI estable y un consumo mínimo de CO₂.

Una parte importante de los trabajos han sido enfocados hacia la investigación de los cambios de la composición de las aguas remineralizadas respecto a las aguas desaladas, con el fin de desarrollar un procedimiento para el cálculo indirecto del LSI, y otros índices, a partir de los incrementos de conductividad eléctrica (CE) y alcalinidad (Alk) causados por la remineralización.

La guía incluye también un resumen de las técnicas de remineralización con especial hincapié en las técnicas de lechos de calcita y de dosificación de lechada de cal.

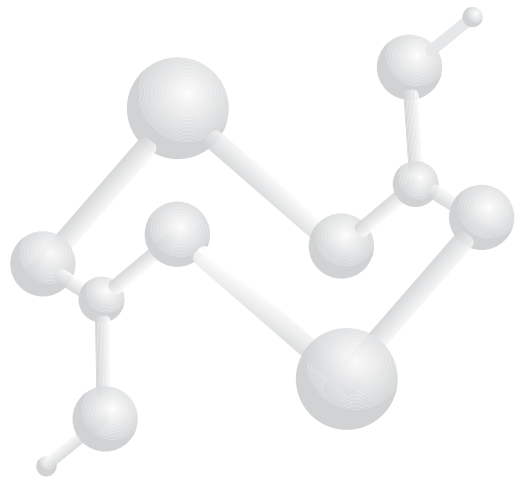
Por último, y en base a los datos obtenidos sobre el comportamiento de este tipo de aguas, se presenta un procedimiento para el muestreo y análisis de las aguas desaladas que minimiza las pérdidas de CO₂.

En esta guía se asume que el agua desalada es agua osmotizada procedente de agua de mar.

Conclusiones

1. Características del agua desalada

Las aguas desaladas responden a una solución con un contenido medio de 280 mg STD/L y con aproximadamente el 72% de ClNa. Tienen un contenido muy bajo de HCO₃⁻ (< 10 mg HCO₃⁻/L), así como Ca (< 2,5 mg Ca/L) y Mg (< 4 mg Mg/L). El contenido en Mg y Ca responden a la proporción Mg »'98 1,72 x Ca. El pH a la salida de los bastidores de ósmosis inversa oscila desde 5,3 a 6,7, dependiendo de la planta. El contenido en CO₂ varía



entre 1,5 a 50 mg CO₂/L. Algunas aguas pueden salirse de este rango debido a tratamientos específicos, en algunos casos relacionados con el control del exceso de boro.

Los datos obtenidos confirman la relación logarítmica establecida en la literatura entre el pH del agua desalada y el contenido en CO₂. El agua desalada tiene un LSI menor que -4 por lo que tiende a disolver el carbonato cálcico. También presenta el riesgo de problemas de corrosión por su mayor contenido en cloro y sulfatos respecto al de bicarbonatos.

El pH del agua desalada se equilibra rápidamente con el contenido en CO₂ de la atmósfera, por lo que debe ser analizado con cuidado y preferentemente in situ.

En equilibrio con la atmósfera, el pH del agua osmotizada está entre 6,9 y 7,0 y el contenido en CO₂ alrededor de 1,0 - 1,5 mg CO₂/L. El LSI se mantiene alrededor de -3.

La turbidez del agua osmotizada está alrededor de 0,2 NTU, pudiéndose considerar valores superiores un indicativo de problemas en las instalaciones.

El SAR del agua osmotizada es mayor o igual que 9 lo que indica que puede ser perjudicial para la estructura de los suelos agrícolas y causar problemas de toxicidad para algunos cultivos por el exceso en Na respecto al Ca y Mg.

Por último, los resultados apuntan a que el agua desalada debe ser bien analizada ya que en algunos casos, el contenido en CO₂ puede ser suficiente para permitir una remineralización adecuada sin necesidad de añadir más CO₂.

2. Criterios de evaluación de las aguas desaladas y remineralizadas

Aunque existe un método simplificado para el cálculo del pH_{sat} que viene siendo utilizado de forma frecuente como indicativo de la tendencia del

agua a disolver o a precipitar el carbonato cálcico, se hace notar que éste es un método de base empírica que no considera una serie de aspectos sobre la química del agua que deben ser tenidos en cuenta a la hora de valorar adecuadamente los factores que intervienen en la reacción básica de saturación.

Por tanto, esta guía recomienda el uso del Método Standard 2330 basado en un cálculo más riguroso de las reacciones que intervienen.

Ambos métodos producen un valor diferente del pH_{sat}. El valor obtenido por el método simplificado es aproximadamente 0,2 unidades más bajo que con el obtenido por el método standard 2330. Correspondientemente el LSI resulta también 0,2 unidades inferior al LSI obtenido por el sistema standard 2330.

Atendiendo a que el método standard 2330 es el adoptado internacionalmente se considera que el cumplimiento del RD 140/2003 deberá constatarse de acuerdo con el método standard y no el simplificado.

3. Niveles óptimos de remineralización

Según este estudio, se considera que para que el agua desalada esté bien remineralizada, para un rango de temperaturas entre 14°C y 25°C. deberá tener las características que se presentan

en la **Tabla A:** *Características recomendadas para las aguas desaladas con un nivel óptimo de remineralización.*

Parámetro	Rango
pH	8,2 ± 0,1
Alk (mg CaCO ₃ /L)	60 ± 3
HCO ₃ (mg/L)	73 ± 4
Ca (mg/L)	24 ± 2
CO ₂ (mg/L)	0,7 ± 0,1
LSI	± 0,25





Salida de la planta de remineralización con CaCO_3 y CO_2 para 200 MLD.
UTE-Dessaladora Area Metropolitana de Barcelona

En la mayoría de las plantas desaladoras hay que añadir CO_2 después de la ósmosis inversa y antes de la remineralización. La concentración de CO_2 en agua osmotizada necesaria para alcanzar los niveles de remineralización propuestos en la **Tabla A** son de, al menos, 26 ± 2 mg CO_2 /L para plantas con lechos de calcita y de 52 ± 2 mg CO_2 /L para las plantas con tratamiento a base de lechada de cal.

La infradosificación de CO_2 generan un calcio y una alcalinidad insuficientes y un agua inestable con tendencia a disolver el CaCO_3 . La sobredosificación de CO_2 conlleva una mayor alcalinidad y dureza en el agua remineralizada, así como un contenido en CO_2 que tiende a disminuir en contacto con la atmósfera, haciendo subir el pH del agua originando, de esta forma, un LSI ligeramente positivo.

Sin embargo, atendiendo a la dureza del agua remineralizada no existe prácticamente riesgo de precipitación de CaCO_3 aún a temperaturas de 40°C .

4. Cálculo indirecto del LSI y del SAR a partir de los datos de CE y pH antes y después de la remineralización

Los resultados obtenidos apuntan a que el LSI del agua remineralizada ($\text{LSI}_{(r)}$) puede ser calculado a partir del incremento de la CE_{25} (CE a 25°C) producido por la remineralización, utilizando el cociente:

$$\Delta\text{Alk}/\Delta\text{CE}_{25}=1,8.$$

Donde:

$$\Delta\text{Alk} = \text{Alk}_{(r)} - \text{Alk}_{(o)}, \text{ y}$$

$$\Delta\text{CE}_{25} = \text{CE}_{25(r)} - \text{CE}_{25(o)}$$

$\text{Alk}_{(o)}$ varía entre 3 y 5 mg CaCO_3 /L para valores de $\text{CE}_{25(o)}$ entre 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente.

El valor de $\text{Ca}_{(r)}$ del agua remineralizada puede calcularse a partir de la razón $\text{Ca}_{(r)} = \text{Alk}_{(r)}/2,5$.

Los valores de $\text{pH}_{(r)}$ y $\text{T}_{(r)}$ serán los adquiridos in situ a través de los equipos de medida colocados en línea.

Una vez obtenidos todos los parámetros el método de cálculo del $\text{LSI}_{(r)}$ debe ser el 2330 del Standard Methods.

Este procedimiento permite estimar el $\text{LSI}_{(r)}$ con una aproximación de $\pm 0,05$.

De acuerdo el estudio realizado, y para alcanzar los niveles óptimos apuntados en la **Tabla A**, el incremento de alcalinidad deberá de ser al menos 55 mg CaCO_3 /L

Lo que implica que el incremento de CE causado por la remineralización deberá ser al menos de:

$$\Delta\text{CE} = 55 \times 1,8 \approx 99 \mu\text{S}/\text{cm}$$

Para el cálculo del $\text{SAR}_{(r)}$ se puede asumir que el $\text{Mg}^{\oplus} = 2,5$ mg/L y el Na (mg/L) = $0,1549 \times \text{CE}_{25(o)} + 0,2137$.

5. Técnicas de remineralización

El análisis de las técnicas de remineralización demuestran que tanto la técnica de lechos de calcita como de lechada de cal tienen un alto nivel de desarrollo. El menor consumo de CO_2 y la menor complejidad del proceso apuntan a que los lechos de calcita son una técnica más estable para la remineralización de las aguas desaladas que la dosificación con lechada de cal. Los descensos de temperatura hacen disminuir la velocidad de las reacciones que intervienen en remineralización. En el caso de los lechos de calcita, el tiempo de contacto para alcanzar una remineralización adecuada aumenta de 9 a 14 minutos con un descenso de la temperatura del agua de 25°C a 14°C .



Planta de tratamiento con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y CO_2 (Almería 50 MLD)
UTE Acciona Agua-Abengoa

6. Técnicas de muestreo

El muestro del agua osmotizada y remineralizada debe ser realizado de manera que no ocurra pérdida de CO_2 . Para ello se recomiendan las mediciones in situ del pH, la temperatura y la CE. En caso de tener que llevar la muestra al laboratorio se recomienda recoger la muestra sin provocar un chorro y sin dejar cámara de aire en los botes de

muestreo. La anotación de las condiciones de muestreo, así como de transporte y almacenamiento hasta la realización de los análisis, ayuda considerablemente en la interpretación de los resultados de los análisis.

7. Simulación de mezclas de aguas

Los modelos de simulación de mezclas concuerdan en un 90%-95% con los resultados de los análisis de laboratorio.

La simulación permite afirmar que si se añade más del 15% de agua desalada a un agua remineralizada con una alcalinidad de 60 mg CaCO_3/L el LSI pasará a ser menor que -0,5.

Los cálculos realizados demuestran también que si se utiliza un agua con un pH y un calcio similar al de las aguas remineralizadas pero con una alcalinidad de 120 mg CaCO_3/L , se puede añadir hasta un 30% de agua desalada sin que el LSI llegue a ser menor que -0,5.

Comparativa Dolomita-Calcita

El magnesio es uno de los elementos básicos de la calidad del agua pero que no se incorpora a la remineralización cuando se utiliza CaCO_3 o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ como material.

La dolomita, sin embargo, con un 50% de Ca y un 50% de Mg se considera en algunos países como material sustitutivo de la calcita. Para el diseño de los lechos de dolomita se necesitan las curvas que relacionan el tiempo de contacto y la dosis de CO_2 con el pH, la alcalinidad y dureza total (Ca y Mg).

Con el fin de obtener estas curvas se ha construido un banco de pruebas con dos columnas iguales una con dolomita y otra con calcita.

El trabajo se hace en colaboración con la Dirección General de Aguas del Gobierno de Canarias y la empresa Aguas de Telde en Gran Canaria.

Los análisis se realizan en el Laboratorio del Sureste de la FCCA. Los modelos de simulación de mezclas concuerdan en un 90%-95% con los resultados de los análisis de laboratorio.





Eficiencia de aplicación del CO₂

Tal y como se indicó en el N.º. 43 de El Manantial se han iniciado las pruebas de experimentación para el Proyecto Cenit del MCI para el estudio de la eficiencia de aplicación del CO₂ en colaboración con Carburos Metálicos y Aguas de Barcelona. Los resultados preliminares apuntan a que la reacción para la disolución completa del CO₂ en condiciones de baja presión requieren más tiempo del que en un principio se había considerado hasta ahora.

Dependiendo de la dosificación de CO₂, se requieren para un agua osmotizada entre 2 y 4 minutos de tiempo de reacción para obtener una estabilización del pH, estando el agua a una temperatura de 22°C. Estos resultados, aunque requieren ser corroborados con más datos, apuntan a que las instalaciones para disolver el CO₂ deberán ser diseñadas de forma especial, sobre todo en las inyecciones en línea.

The FCCA at the IDA World Congress

Dubai, November 7-12, 2009

In collaboration with ATLL (Aigües Ter Llobregat) the UTE-Dessaladora Area Metropolitana de Barcelona the FCCA will present a paper titled: The recarbonation facility of the Barcelona desalination plant brings out new standards.

The authors: M. Hernández, G. Cremer, J. Compte, T. Cazorra, J.L. Jurado, H. Orbe and C. Miguel have put together the information regarding the design characteristics of the 200 MLD plant in Barcelona. Following is the abstract of the paper.

The recarbonation facility of the desalination plant of Barcelona (200 MLD) has been constructed using a procedure that allows for continuous feeding and constant bed height of the calcite bed. The design criteria for selecting superficial velocity and empty bed contact time are based on previous experience and corroborated by a pilot facility. The relationships for calculating head loss of the bed, as well as volumes of turbid water after air purging, are given. Results of an empirically calibrated simulation model for the calcite contactor output water quality are presented.

Increase in turbidity due to racks start-up is discussed based on

actual data from a multicell plant already in operation.

Results of a pilot facility corroborate the preliminary design criteria selected for the Barcelona plant. It also allowed to evaluate the effect of calcite fines during initial start-up and later during plant operation and bed purging. A relationship between pH and water temperature after 12.2 minutes contact time is also given.

Finally, a description is provided of the final characteristics of the Barcelona recarbonation facility bed surface of 678.4 m² divided into 32 cells of 3.02 m x 7.02 m. Constant bed height has been set at 2.5 m.

Each cell has a turbid water control system that allows for either recirculation of the turbid water to the entrance of the calcite plant, or discharge to the sludge treatment unit of the desalination plant. To avoid water pulses during racks start-ups flow control valves diverge the increments in flow volumes to the outlet of the recarbonation facility. The valves then close slowly during a period of 30 minutes.

Each of the 32 calcite cell has an individual in-built silo. The storage capacity gives the plant an autonomy of more than 30 days.

EBCT is set at 12.2 minutes. The identical bed conditions existing in all 32 cells will enable a very precise control of the recarbonation process ($\pm 0,02$ pH) by means of accurate CO₂ dosing. Calcite consumption will stay proportional to the amount of CO₂ dosed and around 56 mg CaCO₃/L.

La página de DrinTec™

DrinTec Soluciones empieza a funcionar el 1 de octubre de 2009



Desde su creación en 1998 la Fundación Centro Canario del Agua (FCCA) ha venido realizando trabajos de I+D para el sector del agua y los procesos desalación en particular.

Afortunadamente, la investigación realizada ha culminado, en algunos casos, en una serie de patentes y modelos de utilidad que han recibido una buena aceptación en el mercado.

Esto ha obligado, de alguna manera, a la FCCA a cerrar acuerdos con fabricantes y a comercializar los productos directamente a los clientes que lo solicitaban. En gran parte, debido a que los desarrollos han requerido un apoyo técnico para su instalación adecuada que sólo podía dar la FCCA, y que obligaba a conocer muchos detalles de la investigación así como de los procesos y del funcionamiento de los equipos.

Esta evolución de la actividad fundacional hacia la mejora de los equipos ha permitido a la FCCA afianzar sus desarrollos con lo que se ha conseguido darle a sus productos una madurez tecnológica que permite una comercialización independiente.

La dedicación de las Fundaciones a la actividad empresarial está acotada por ley, por lo que el Patronato ha considerado oportuno trasladar esta actividad a una sociedad mercantil propiedad de la Fundación.

Así se ha creado DrinTec Soluciones S.L. Unipersonal, que se dedicará a la comercialización de las patentes y desarrollos de la FCCA y llegado el caso a completar los trabajos de I+D que

puedan ser necesarios para completar el trabajo de la FCCA.

DrinTec (de Drinking Water Technology), nace así con un pequeño patrimonio que son los desarrollos y patentes de la FCCA. Con el tiempo se espera vaya recibiendo todos aquellos nuevos desarrollos realizados desde la FCCA y que sean aptos para ser comercializados.

Atendiendo a que comercializará productos diversos resultantes de las investigaciones de la FCCA, se ha añadido el nombre de "Soluciones". Intentando así hacer una marca genérica que sirva de paraguas a cualquier desarrollo que proceda de la FCCA.

La actividad de DrinTec está supervisada directamente por el Consejo de Dirección de la FCCA y por el Patronato, con el objetivo de mantener los mismos criterios éticos y de responsabilidad profesional de que se ha hecho gala en la FCCA hasta hoy.

La relación de DrinTec para con la FCCA se mantendrá a través del abono de los derechos de uso de las patentes y modelos de utilidad propiedad de la FCCA, así como a través las donaciones que se consideren oportunas para fortalecer la actividad fundacional. Esta página especial para DrinTec se crea con el fin de empezar a darle cabida a los trabajos y actividades que vaya realizando la nueva empresa y ganar así perspectiva de la trascendencia de la actividad de la FCCA en cuanto a la aceptación de sus avances en el mercado.

El pozo de los tomates 1925



La historia del agua en Canarias viene acompañada de la ilusión y esperanza hacia un futuro mejor y más próspero.

La Fuente de los 40 chorros en Tenerife. Años 50, (Ref. Mendez, T. 2002)





Nuevo desarrollo: Lapas filtrantes para tuberías

La FCCA ha desarrollado recientemente una nueva patente que consiste en un nuevo microfiltro o lapa filtrante para los filtros de tubos de los filtros de arena y de remineralización.

Los tubos pueden ser de PVC o de PEAD y los diámetros varían según las necesidades. De momento se ha empezado con los tubos de PEAD para filtros horizontales de Ø140 mm de diámetro. Los microfiltros van soldados a las paredes de la tubería y tienen un diámetro de luz de 0,25 mm a 0,5 según las necesidades. La dimensión de la pieza es de 63 x 26 mm.

El objetivo ha sido transformar una tubería perforada cuya hidráulica está bien estudiada y funciona perfectamente en una tubería drenante que evita la entrada de materiales finos.



Control automático de la calidad del agua en los bastidores

En colaboración la empresa Bürkert Contromatic, S.A. y el apoyo de varios patronos de la FCCA, se ha puesto en marcha un proyecto para el desarrollo del primer sistema automático para el control de la calidad de las aguas de los tubos de presión de los bastidores. El sistema se basa en la utilización de electroválvulas especiales que permiten el envío secuencial de permeado de cada uno de tubos del bastidor a un dispositivo de medición de la conductividad eléctrica y pH. El procedimiento permitirá obtener de forma automática un mapa de conductividades cada vez que se desee y sin necesidad de que haya que hacerlo manualmente, como se viene haciendo hasta ahora. Incluye también un sistema independiente de toma y transmisión de datos para su envío al sistema de control de la desaladora.

Esta es una idea innovadora aportará, sin duda, beneficios importantes en la gestión de las plantas, ya que permitirá conocer la evolución histórica de cada uno de los tubos de presión, lo que ayudará a planificar mejor las limpiezas o a prever las averías. También ayudará a reducir las horas de trabajo junto al bastidor y a evitar posibles errores humanos en la recogida de datos, un problema relativamente frecuente en los grandes bastidores. El objetivo del proyecto es diseñar un equipo estándar y modular que pueda ser aplicable a cualquier tipo desaladora. La FCCA ha cursado solicitud de patente de esta nueva idea.