



Medición de nitratos en continuo para el control de la calidad del agua y la optimización de procesos

Francisco Javier García Castillo jefe del Departamento de Tratamiento de Aguas de Facsa

Juan L. Orega de Llago jefe de Servicio de Facsa

Luis García García Departamento de Sistemas de Automatización y Control de Facsa

Uno de los problemas de las aguas subterráneas es la contaminación por nitratos por los abonos nitrogenados procedentes de la agricultura. Aunque existen tratamientos para su eliminación, hasta ahora no eran capaces de controlar la medida del parámetro con elevada fiabilidad, lo que genera resultados desfasados en el tiempo o con baja precisión. Actualmente, ya existen equipos de medida en continuo con alta fiabilidad y precisión que permiten controlar los procesos de tratamiento de aguas en los que interviene este ion como parámetro de control, pudiendo monitorizarlo a tiempo real, optimizarlo y, así, anticiparse en la toma de decisiones.

Palabras clave

Nitratos, absorción luz ultravioleta, electrodo ion selectivo, potabilización, agua subterránea, agua potable.

Continuous measurement of nitrate for the water quality control and process optimization

One of the problems of groundwater is nitrate pollution by nitrogen fertilizers from agriculture. There are treatments for their removal, but until now these treatments were not able to control the measurement of the parameter with high reliability, generating results lagged in time or low accuracy. Currently, there are continuous measurement equipments with high reliability and accuracy that can control the water treatment processes in which this ion is involved as a control parameter. This issue allows monitoring at real time the parameter, optimizing and anticipating in decision-making.

Keywords

Nitrates, ultraviolet light absorption, ion selective electrode, purification, groundwater, drinking water.



1. Introducción

La legislación española, en el RD 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, fija un valor límite de 50 mg/L de nitratos. La concentración usual de nitratos en las aguas subterráneas bajo condiciones aerobias es de unos pocos miligramos por litro, entre 0 y 18 mg/L. Esta concentración depende fuertemente del tipo de terreno y de la situación geológica. Sin embargo, en los últimos años, el incremento del uso de fertilizantes artificiales y los cambios en el uso de las tierras y las actividades derivadas de la ganadería han provocado el progresivo aumento de los niveles de los nitratos en las aguas subterráneas, llegando a valores superiores a los 100 mg/L, e incluso sobrepasando concentraciones de 200 y 300 mg/L según las zonas.

Por lo tanto, cobran especial relevancia los tratamientos de agua destinados a la eliminación de nitratos principalmente, y se hace casi imprescindible disponer de una herramienta o tener un control en tiempo real de la concentración del ion en las aguas de aporte y producto, en aras a conseguir una mayor optimización de los procesos, con el consiguiente ahorro en recursos y minimización de impactos, y garantizar la calidad del agua de suministro a la población.

2. Objeto

En este artículo se describe de forma detallada el sistema de control de nitratos en continuo que la empresa Facsa ha instalado en uno de los abastecimientos que gestiona.

En el sistema se controlan las calidades de cuatro fuentes distintas, de las cuales dos forman parte del proceso de tratamiento de aguas para la eliminación de nitratos y las otras dos inciden directamente en la calidad final del agua de suministro a la población.

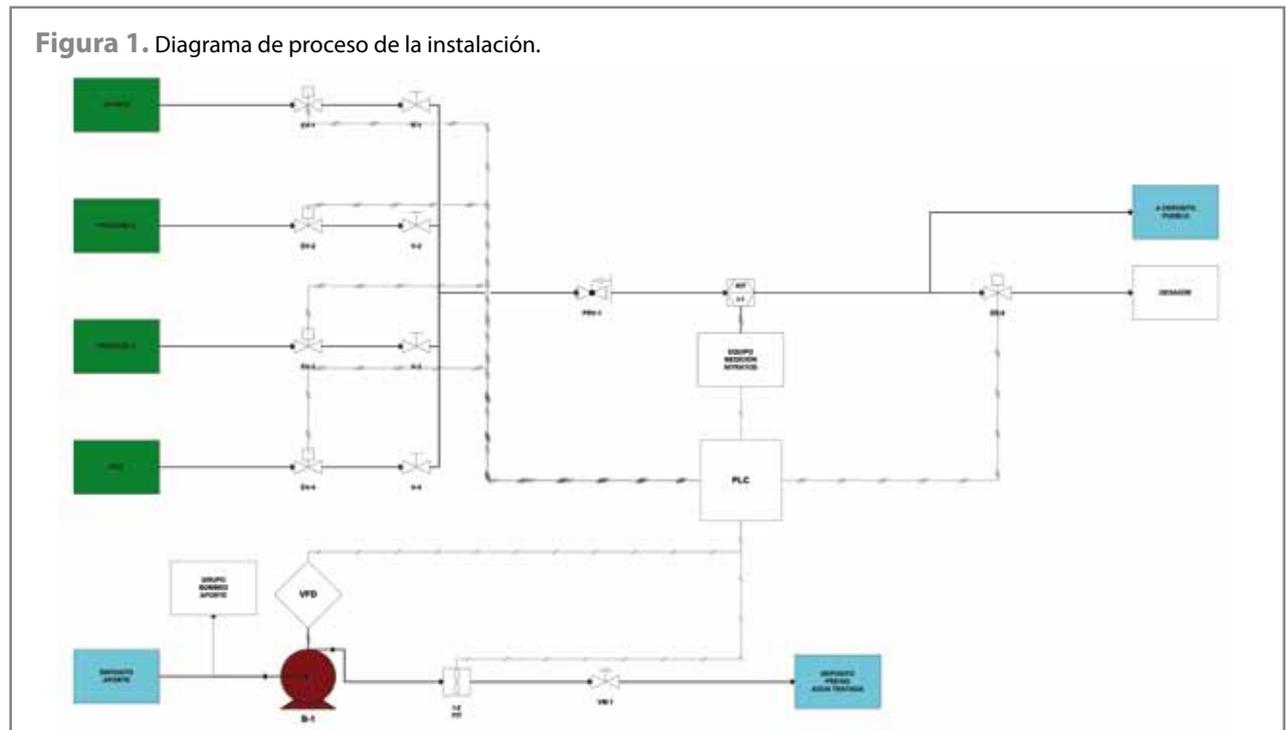
Con la instalación de este sistema se pretende, por un lado, monitorizar el proceso en continuo y optimizarlo, con el consiguiente ahorro en recursos y aumento en la disponibilidad de la instalación, y por el otro, garantizar la calidad del agua de suministro.

3. Materiales y métodos

3.1. Descripción de la tecnología de medición

En el mercado existen en la actualidad varios modelos de analizadores de nitratos por absorción ultravioleta (UV) y de sondas de electrodo de ion selectivo (ISE, por *ion selective electrode*). Sin embargo, los equipos que aseguran unos resultados más fiables y precisos, y con menor mantenimiento, son los basados en la tecnología UV. Por lo tanto, serán estos los seleccionados para un control más eficiente del proceso y de la calidad.

Una de las principales características de los nitratos disueltos en agua es la absorción de luz ultravioleta, a longitudes de onda inferiores a los 250 nm. Esta característica hace que por medio de una sonda, basada en fotometría, sumergida en el fluido se pueda determinar la concentración de nitratos en el mismo sin la necesidad de usar reactivos, sin muestreos y sin retardos. La colo-



ración del medio no influye sobre la medida al evaluar únicamente la luz UV.

3.2. Descripción de la instalación

Con la idea inicial de optimización comentada anteriormente, y puesto que estos equipos suponen una inversión inicial superior a otros menos fiables, se decidió instalar un único equipo de medida, alimentado por las cuatro corrientes o fuentes citadas anteriormente. Para ello, se instalaron las correspondientes líneas de muestreo hasta el equipo y, por medio de electroválvulas instaladas sobre las citadas líneas, se introducía en el equipo la corriente o fuente correspondiente a analizar. Todo esto se programa y controla a través de un PLC que forma parte del sistema de control de la instalación y del sistema de abastecimiento, quedando luego integrado en los mismos. En la **Figura 1** puede verse el detalle del diagrama de proceso de la instalación descrita para el sistema de control de nitratos.

La programación e integración del sistema de control de nitratos en el del propio abastecimiento permite seleccionar los tiempos de muestreo para cada línea, la frecuencia de lectura y programar valores de referencia y de alarma, que proporcionan la información correspondiente a la eficacia y fiabilidad de los procesos de tratamiento y del control de la calidad de suministro. En la **Figura 2** puede verse el detalle de la pantalla de control del sistema de medición y muestreo.

Toda la parametrización de las consignas para el control de lazos y alarmas se realiza a través de la pantalla de captura de datos de la **Figura 3**. En ella se introduce un valor consigna de nitratos a obtener en salida de tratamiento global, que es equivalente al valor de nitratos del agua almacenada en depósito y lista para su distribución.

Con este valor, y a partir de las medidas que realiza el equipo del resto de fuentes que componen el sistema, se realiza un lazo de control que regula caudales y mezclas de las mismas, para así alcanzar el valor de consigna deseado.

Así mismo, la introducción de las consignas de alarma permite un control casi instantáneo del proceso, acortando los tiempos de actuación en caso de necesidad y, lo que es más importante, garantizando la calidad en tiempo real, en lo que a nitratos se refiere, de los distintos tratamientos y del agua final producida para distribución.

4. Resultados

4.1. Precisión de la medida

Inicialmente, para comprobar la fiabilidad de las medidas y la precisión de las mismas, se recogieron muestras de agua a la salida del equipo de medición, tras ser analizadas por este mismo equipo, y se llevaron a un laboratorio acreditado (Iproma) para su posterior análisis.

Los valores analíticos obtenidos y los resultados comparativos de las medidas del equipo son los que se muestran en la **Tabla 1**. Del análisis de los resultados se desprende que el error medio del equipo está en el rango del -3% con respecto al laboratorio. Teniendo en cuenta la incertidumbre del propio laboratorio, se consideran como válidos y bastante ajustados los valores mostrados por el equipo y se confía, por tanto, en dicha tecnología. En la **Figura 4** se muestra un gráfico de datos comparativo y en la **Figura 5** los errores y el promedio.

4.2. Resultados de operación

Una vez instalado el equipo, comprobada su fiabilidad y contrastada con datos de laboratorio externo, se procede

Figura 2. Pantalla de control del sistema de medida.



Figura 3. Pantalla de consignas de proceso y alarmas del sistema.

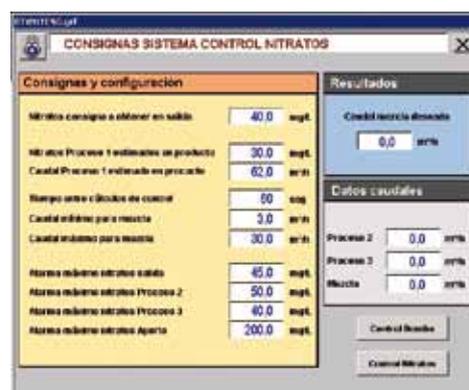




Tabla 1. Resultados comparativos equipo-laboratorio.

Muestra	Equipo medición		Laboratorio		Error (%)
	Resultado (mg/L NO ₃)	Precisión	Resultado (mg/L NO ₃)	Precisión	
1	20,9	3%	22	10%	-4,09%
2	23,4	3%	24	10%	-2,50%
3	27,3	3%	28	10%	-2,50%
4	158,3	3%	164	10%	-3,48%

a su puesta en marcha. En una primera fase en modo manual, midiendo fuente a fuente, y comprobando que los resultados concuerdan con lo esperado. Finalmente, se arranca en modo automático y se deja al sistema que actúe por sí solo, en función del orden de medida y las consignas de tiempo, que aparecen en la anterior **Figura 2**.

El sistema se configuró inicialmente para obtener un máximo de nitratos en la red de distribución de 40 mg/L (nitratos consigna a obtener en salida). El resto de valores de consigna aparecen en la anterior **Figura 3**. También se configuran los valores de alarma de la instalación, que hacen que se emita una señal de aviso o que actúen, en función de su prioridad, de tal forma que se pueda acometer la maniobra correctiva necesaria en la instalación para devolver a la normalidad todo el proceso de tratamiento.

En la **Figura 6** aparecen las gráficas con los resultados de las diferentes mediciones del equipo para un valor de nitratos consigna a obtener en salida de 45 mg/L. Se puede comprobar cómo dicho valor de salida a red no supera el valor definido.

Otro dato de interés es la gráfica de la **Figura 7**, que muestra los caudales de mezclado de todo el proceso. En estas gráficas de caudales participan: proceso 2, proceso 3 y mezcla. Los caudales de proceso 2 y proceso 3 son constantes, mientras que el caudal de mezcla varía, ya que se adapta para que el valor de salida de concentración de nitratos sea el valor nitratos consigna a obtener en salida. En función de los caudales que haya a la entrada, el caudal de mezcla se ajustará para que la combinación proporcional de caudales y nitratos en cada una de las aguas que conforman la mezcla final que se lleva al depósito de distribución no supere el valor de consigna, que en este caso es de 45 mg/L.

5. Conclusiones

El empleo de la tecnología de absorción por ultravioleta para la medición de nitratos en continuo, y aplicada para el control del proceso, ha resultado ser de gran utilidad en la aplicación anterior desarrollada por Facsa.

Figura 4. Gráfico de datos comparativos.

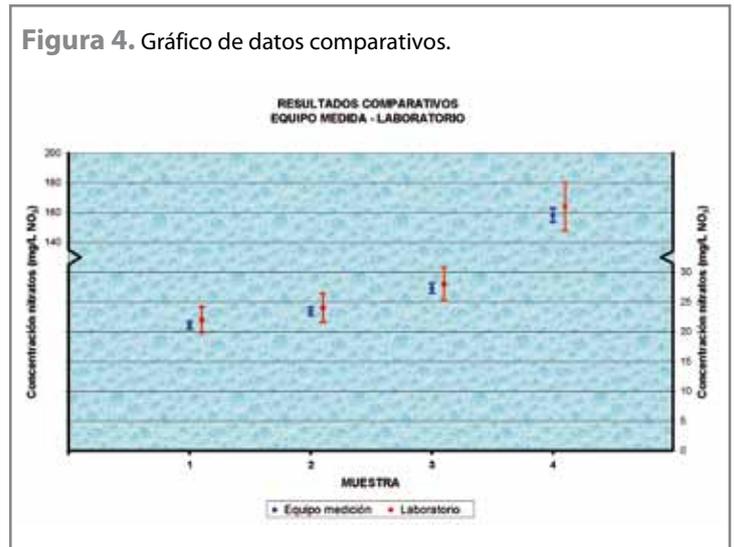
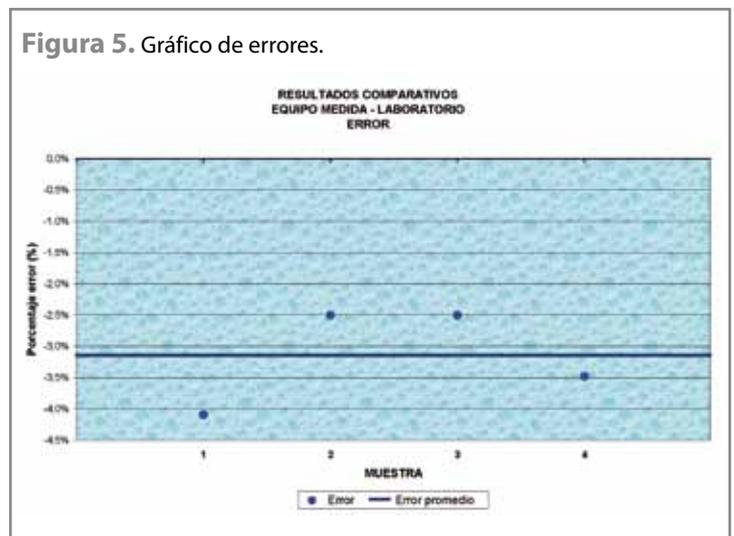


Figura 5. Gráfico de errores.



Tras la integración de la tecnología en el control del abastecimiento y de sus procesos de tratamiento, la monitorización y control en continuo de las concentraciones de nitrato de las distintas fuentes de agua que intervienen en el proceso de potabilización de un abastecimiento nos permiten, por un lado, asegurar la calidad de los distintos procesos o fases y el control de los mismos, para una correcta operación y optimización y, por el otro lado,

Figura 6. Gráfico de mediciones de nitratos.

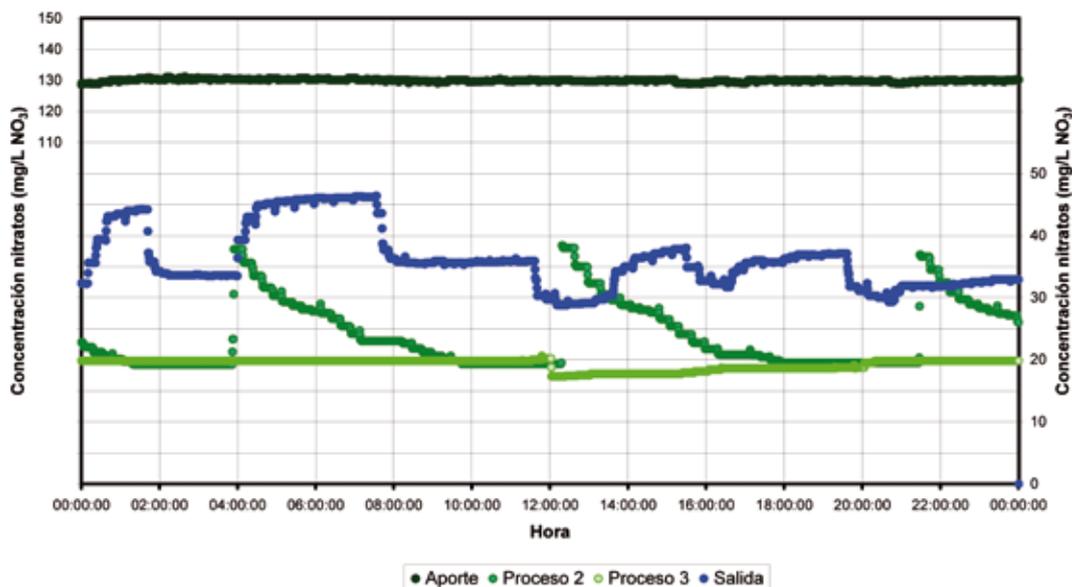
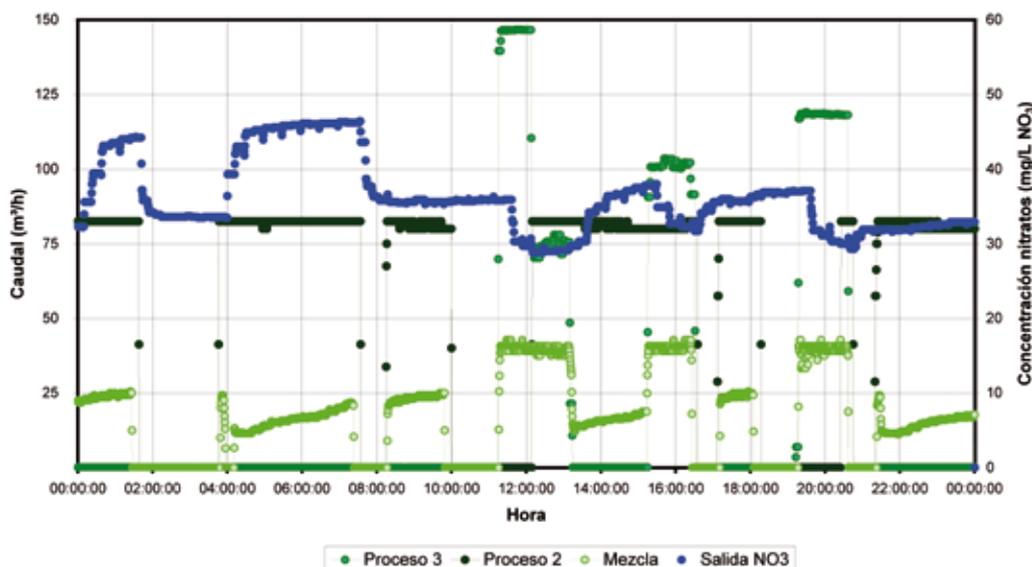


Figura 7. Gráfico de caudales para control de nitratos.



obtener un control de la calidad del agua de distribución en tiempo real, en cuanto al contenido de nitratos se refiere, asegurando en todo momento los estándares requeridos por la actual legislación, y pudiéndose anticipar en la toma de las posibles medidas correctoras.

La anticipación en la toma de medidas correctoras lleva asociado el ahorro en tiempos de respuesta, en tiempos de intervención, en desecho de producciones y en incumplimientos de normativa, por lo que se mejora la eficiencia en el funcionamiento de las instalaciones y se incrementa la seguridad del proceso.

Todo ello ha elevado los rendimientos del sistema, que a su vez han permitido garantizar la producción y la ca-

lidad de forma continuada durante todo el periodo de funcionamiento de la tecnología.

Bibliografía

- [1] APHA, AWWA, WPCE (1992). Métodos normalizados para análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- [2] Degremont (2007). Water treatment handbook. Lavoisier Publishing, 7th edition.
- [3] García Castillo, F.J.; Orega de Llago, J.L. (2011). Sistemas híbridos de membranas de ósmosis inversa para eliminación de nitratos a altas concentraciones. XXXI Jornadas Técnicas de AEAS, Cartagena.
- [4] Perry, R.; Green, D. (1997). Perry's chemical engineers' handbook. McGraw-Hill, 7th Edition.
- [5] Endress y Hauser. [En línea]. Disponible en: <http://www.es.endress.com/#product/CAS51D> [Consulta: 21/12/2012].
- [6] Hach Lange, S.L.U. [En línea]. Disponible en: http://www.hach-lange.es/shop/action_q/shop_applications%3Bnext/SA_ID/2/SAN_ID/47/1kz/ES/spkz/es/TOKEN/RluU-ZtfY9S5ejFXkP3XaDkZ998/M/08gOog [Consulta: 21/12/2012].