

# Sistema de control de procesos de fangos activos basado en Arduino

Centeno Cano Penélope<sup>1</sup>, Gamero Sedeño Paqui<sup>1</sup>, Marín Díaz Antonio Abad<sup>1</sup>, Moro Brouwer Isabel<sup>1</sup>, Pérez Alcón José María<sup>1</sup>, Requena Parra José Luis<sup>1</sup>, Rodríguez Escobar María<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo TAR de la Universidad de Sevilla, Escuela Internacional de Ingeniería del Agua

## Resumen

Uno de los principales consumidores de energía eléctrica en el proceso de depuración convencional en una EDAR es el reactor biológico, donde las necesidades de aporte de oxígeno en continuo exigen la intervención de compresores que garanticen la respiración celular.

El consumo bacteriano de oxígeno para llevar a cabo la oxidación biológica de la materia orgánica, depende de la DBO del agua, cuya concentración permanece más o menos constante en el afluente al reactor biológico, siendo por tanto la variable caudal la que determina los kg de O<sub>2</sub> necesarios.

A lo largo de un día las variaciones de caudal son muy importantes en una EDAR y no parece tener sentido, en aras de una optimización energética, el suministro constante de O<sub>2</sub> para una demanda continuamente variable.

El control en tiempo real de las necesidades de oxígeno en los reactores biológicos en una EDAR pasa, por tanto, por el control del caudal, más barato y viable que una medición de DBO en continuo. El Sistema de Control basado en Arduino proporciona una mejora en el rendimiento de la estación, adaptándose a la situación económica de los tiempos actuales

El Grupo TAR de la Universidad de Sevilla y la Escuela Internacional de Ingeniería del Agua, diseñan un sistema low-cost para el control y actuación sobre la demanda de oxígeno en las cubas de biológico, basado en el control del caudal y la temperatura del licor mezcla.

## 1. Introducción

El proceso convencional más empleado en el tratamiento de aguas residuales urbanas es el de fangos activos, este tratamiento se realiza de forma manual en multitud de EDAR, lo que implica que la cantidad de oxígeno disuelto en el agua no sea el óptimo para obtener un buen rendimiento de la depuradora.

La solución que se plantea desde el grupo TAR de la Universidad de Sevilla, es la utilización de un control automático para que el proceso de fangos activos tenga un mejor rendimiento, proporcionando la cantidad de oxígeno disuelto óptima para cada momento del día, para ello se va a utilizar la plataforma libre Arduino Nano, que se trata de un controlador “low-cost” que se ajusta a la situación económica actual.

## 2. Equipos y métodos

En el estudio realizado se han utilizado los equipos de aireación que normalmente se utilizan en los procesos de Fangos Activos y Digestión Aerobia, así se reducen costes en la adaptación en Estaciones de Aguas Residuales ya construidas y puestas en marcha, siendo compatible éstos con la utilización del sistema de control implementado.

- Difusores de membrana, que garantizan de forma continua en toda la cuba el suministro de oxígeno de manera uniforme evitando zonas donde haya baja concentración.
- Parrillas de difusores extraíbles, se trata de un sistema de elevación sencillo, funcional y económico, que permita la extracción sin necesidad de vaciar el reactor y sin paradas en el proceso.
- Soplantes

Los componentes que se van a utilizar en el sistema de control implementado en la cuba de aireación son:

Arduino Nano, es una pequeña y completa placa basada en el ATmega328 que se usa conectándola a una protoboard. Puede ser alimentada usando el cable USB Mini-B, con una fuente externa no regulada de 6-20V o con una fuente regulada de 5V. El Arduino Nano tiene algunos métodos para la comunicación con un PC, otro Arduino, u otros microcontroladores. El software incluye un monitor serial que permite visualizar en forma de texto de los datos enviados desde y hacia la placa Arduino.

El ATmega168 o ATmega328 del Arduino Nano vienen preprogramados con un bootloader que permite subir el código al Arduino sin la necesidad de un programador externo.

Un caudalímetro elegido para llevar a cabo el control de la aireación en el proceso es el caudalímetro Vortex. Se necesita un circuito de acondicionamiento para conectarlo a una de las entradas analógicas del Arduino.

Sensor de temperatura, que no requiere de circuitos adicionales para calibrarlo externamente. Gracias a su sencillez y bajo coste proporciona una medición de la temperatura con una precisión de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ , suficiente para nuestro propósito. Incluye también una pantalla LCD que nos permite visualizar los datos enviados hacia la placa Arduino.

Electroválvula, que al tratarse de una válvula todo/nada no permiten la regulación del caudal, pero éste se controlará directamente con el controlador Arduino NANO variando la gestión del caudal de aire mediante los tiempos de apertura y cierre. Solo se necesita una por cada tanque de tratamiento.

Como se trata de electroválvulas “todo o nada”, se necesita incorporar al controlador programable Arduino NANO un módulo que adapte las salidas digitales de 5V en corriente continua a las especificaciones de accionamiento de las electroválvulas.

La relación directa entre el agua residual de entrada a la planta o caudal y la necesidad de aireación del proceso biológico permite, con la medida que proporciona el caudalímetro, establecer la regulación de aire necesaria en cada momento mediante el controlador.

La temperatura del agua influye en todo el proceso tanto en lo referente a la transferencia de  $O_2$  como a la cinética bacteriana. En función de la misma se ajusta también el suministro de oxígeno.

Esta actuación se traduce directamente en un ahorro energético en la EDAR.

### **3. Posibles mejoras**

El diseño del control que en el caso de nuestro estudio ha sido aplicado a una cuba de aireación en el proceso de fangos activos, se puede igualmente implementar en otras partes de la EDAR para mejorar otras posibles necesidades de control.

El Arduino permite la incorporación de otros complementos que pueden servir para mejorar el control automático y completar otras posibles necesidades de la EDAR. Como por ejemplo un control de SSML en la cuba de aireación, teniendo una pantalla LCD de 4x20 caracteres podríamos visualizar a la vez todos nuestros parámetros.

Además de poder transmitir datos de forma inalámbrica desde la placa de control situada en las proximidades de la cuba hacia un PC o computadora central ubicada en zonas de oficinas de la propia EDAR.

### **4. Resultados**

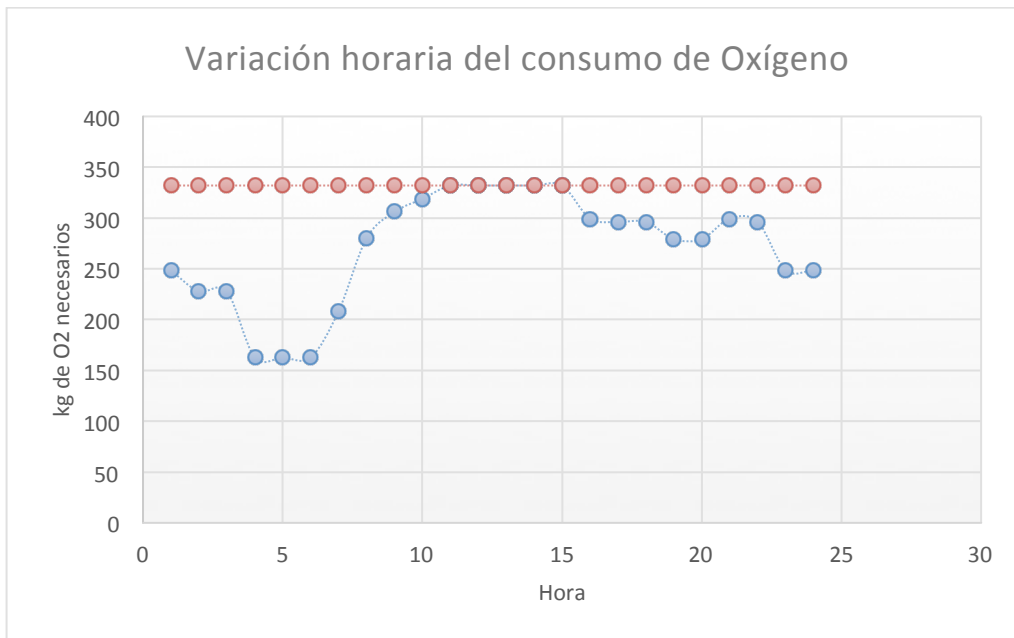
Un cálculo aproximado del ahorro que puede suponer el uso de este sistema de control propuesto se ha realizado sobre una cuba de aireación con necesidades horarias medias comprendidas entre 132 y 200 kW/h en función de los caudales horarios al día.

Sin el uso de Arduino la cantidad de aire que se proporciona a la cuba de aireación de forma constante durante las 24 h, supone un gasto de 432 €/día.

Con el uso del Arduino la potencia consumida por motor se ajusta a los caudales de aire requeridos en cada hora, lo que nos supone un gasto de 392 €/día, lo que supone un ahorro de 40 € diarios, es decir, un ahorro aproximado de 14 600 € anuales.

Se incluye una comparación de la cantidad que se requiere de oxígeno a lo largo del día:

Con la utilización de Arduino, la cantidad de aire que se va a proporcionar se ajusta a la curva del consumo de Oxígeno durante el día (línea azul). En cambio, sin utilizar el Arduino, el consumo de Oxígeno es constante (línea roja).



**Gráfica 1: Variación del consumo de Oxígeno diario**