

Desarrollo de un Sistema de Medición del pH del Agua a través de una Red de Sensores Inteligentes

Cesar Eduardo Hernández Curiel, Víctor Hugo Benítez Baltazar, Jesús Horacio Pacheco Ramírez.

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N
C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
cesarcuriel@live.com, vbenitez@industrial.uson.mx,
jpacheco@industrial.uson.mx

Resumen: El comportamiento complejo de las variables de la calidad del agua requiere de un monitoreo en tiempo real y a través de varios puntos distribuidos en redes fluviales. Las pruebas actuales que se realizan de la calidad del agua en una empresa del ramo metrológico se llevan a cabo en los sitios problemáticos y a base de pruebas de laboratorio con toma de muestras manuales. Se propone una metodología de monitoreo de la calidad del agua a través de la medición del pH por medio de una red de sensores inteligentes.

Palabras clave: calidad del agua, medición del pH, monitoreo en tiempo real, sensores inteligentes.

1 Introducción

La necesidad de detectar los cambios que ocurren en el medio ambiente ya sea de origen natural o por intervención humana se ha incrementado drásticamente en los últimos 50 años. Cuando se habla de calidad del agua se describe la condición en se encuentra, incluyendo sus características químicas, físicas y biológicas usualmente con respecto al uso que se le dará; dependiendo de la finalidad que esta tendrá, los estándares de calidad varían. Una baja calidad del agua puede ser un riesgo tanto para la salud humana así como para el ecosistema [1]. El aseguramiento de la calidad lo determina un constante monitoreo. Para ello se propone el desarrollo de sistemas de sensores inteligentes que

lleven a cabo dicho monitoreo. Estos sistemas necesitan ser robustos, libres de mantenimiento, fáciles de desplegar y de bajo costo para poder ser aplicados en sitio. Además, los sistemas de sensores necesitarán algún nivel de inteligencia con el fin de determinar la importancia de los datos obtenidos. Esto con la finalidad de establecer una respuesta apropiada a eventos que se presenten [2].

2 Marco Teórico

2.1 Monitoreo del Agua e Índice de Calidad

El monitoreo se refiere a las observaciones sistemáticas de parámetros relacionados con un problema específico, diseñadas de tal manera que provean información sobre las características del problema a tratar y sus cambios a lo largo del tiempo [3]. Como punto clave a considerar, el monitoreo del agua es una herramienta fundamental en el manejo de los recursos de aguas dulces [4]. Con la finalidad de evaluar la calidad del agua o su grado de contaminación que posee se utilizan normalmente índices de calidad tanto generales como de uso específico. En México se empleó por varios años el Índice de Calidad del Agua (ICA), que agrupa de manera ponderada 18 parámetros fisicoquímicos (demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, coliformes fecales, coliformes totales, grasas y aceites, color, pH, entre otros) [5].

2.2 El pH y sus Formas de Medición

El pH está definido como el logaritmo negativo del ion de hidrógeno y su propósito es ser una medida del equilibrio de los ácidos y bases; en la mayoría de los casos es controlado por el sistema de equilibrio del dióxido de carbono-bicarbonato-carbonato. La temperatura afecta su valor. En agua pura, un decremento en pH de 0.45 ocurre cuando la temperatura es incrementada por 25°C. El pH de la mayoría del agua en algún humedal está en el rango de 6.5-8.5 [6].

Existen diversos métodos para la medición del pH. El más común es el uso de un electrodo de vidrio sensible a este, un electrodo de referencia y un medidor. Los electrodos de pH normalmente constan de dos partes principales: el electrodo de medición y el electrodo de referencia (Figura 1). El primero normalmente llamado electrodo de vidrio es también referido como la membrana o el electrodo activo. El segundo es llamado el electrodo estándar. Del mismo modo que dos potenciales de una celda de batería son necesarios para completar un circuito, el sensor de pH también actúa bajo este principio. La expresión matemática es $E = E_m - E_r$; donde E_m es el potencial del electrodo que se encuentra midiendo y E_r es el electrodo de referencia. Este tipo de medición en mili volts se conoce como una medición potenciométrica [7].

También existen otros métodos como los son indicadores y colorímetros. Los indicadores son materiales diseñados específicamente para cambiar de color cuando son

expuestos a distintos niveles de pH. El colorímetro es un dispositivo que utiliza un envase lleno con un determinado volumen de muestra, al cual se le agrega un reactivo. Al agregar el reactivo, la mezcla cambia de color, el cual después es comparado con una rueda de color o espectro estándar de color para interpolar el valor resultante [7].



Figura 1. Configuración de un electrodo de pH (elaboración propia)

2.3 Sensores Inalámbricos Inteligentes

Un sensor inteligente es un sistema donde un sensor y una interfaz electrónica son desarrollados. Puede ser de un chip sencillo, como lo es el caso de sensores de temperatura inteligentes, sensores de imágenes y sensores de campo magnético. O puede ser un sensor tradicional (resistivo, eléctrico, inductivo entre otros) con una interfaz electrónica que se dedica al procesamiento de datos y/o acondicionamiento de la señal [8].

El protocolo ZigBee es usado en la transmisión de datos en redes de sensores inalámbricos donde las necesidades de bajos costos y energía en redes tipo máquina a máquina se presentan. Este estándar opera en la especificación IEEE 802.15.4 y utiliza bandas sin licencia incluyendo 2.4GHz, 900 MHz y 868 MHz. Algunas características del protocolo incluyen: soporte para múltiples topologías de redes como punto a punto, ciclos bajos de trabajo que proveen una larga vida de batería, baja latencia, hasta 65,000 nodos por red, entre otras [9]. Uno de los componentes claves del protocolo ZigBee es la habilidad de soportar redes de malla. En estas redes los nodos están interconectados con otros nodos para formar caminos múltiples que se conectan entre sí. Las redes de malla son de naturaleza descentralizada; cada nodo es capaz de integrarse a sí mismo a la red. Además, cuando un nodo deja la red, la topología de malla permite a los nodos reconfigurar sus rutas basándose en una nueva estructura de red. Esto provee estabilidad

en condiciones cambiantes o fallos en nodos individuales y proporciona inteligencia a la transferencia de datos [9].

2.4 Estudios Previos

Existen estudios sobre el monitoreo de la calidad del agua los cuales se considerarán para este proyecto. En [10] se diseñó una red de sensores que se pueden localizar en la fuente, nodos principales, altos consumidores y consumidores residenciales. Por medio de un sistema de EventLab, se realizó una red de monitoreo capaz de detectar anomalías en la calidad del agua en sus redes de distribución. Donde en el pasado era imposible detectar y seguir problemas en tiempo real.

En otro estudio, se realizó un sistema de hardware integrado con una plataforma de software combinando una red de sensores en tiempo real con análisis inteligente y herramientas de modelado, para ayudar al sistema de distribución en su administración. El sistema llamado WaterWise de monitoreo, provee datos críticos que pueden permitir la optimización de los costos de bombeo (al mantener presiones y calidad del agua) [11].

3 Antecedentes y Descripción del Problema

Una empresa que se desempeña en el ramo de la metrología tiene actualmente un sistema de medición de la calidad del agua el cual se desarrolla a través de diversas pruebas en laboratorio de distintas variables. La forma actual de la medición es llevada a cabo solamente en laboratorio, con personal entrenado y conforme a muestras limitadas que se toman en los puntos de interés y después son transportadas al laboratorio. Estas pruebas poseen un alto costo para el cliente debido a los estudios específicos que se realizan a cada parámetro. Con este resultado se puede determinar la calidad del agua en cualquier punto o puntos problemáticos. Sin embargo, debido a que el estudio puede tardar un tiempo considerable, los resultados son relativos con respecto al tiempo que se midieron. Esto tiene por consecuencia la lenta detección de cambios repentinos de la calidad del agua en los sitios problemáticos.

La empresa ha encontrado varios problemas al tratar de desarrollar un sistema de monitoreo y medición del ICA, uno de ellos es la comunicación entre puntos de medición. Normalmente un sistema de monitoreo se realiza a través de varios puntos de una red determinada, en cada uno de estos puntos es necesario realizar una medición. Realizarla de forma manual tendría como resultado un alto costo en equipamiento y mano de obra debido a que requiere el desarrollo de un plan de monitoreo con el personal entrenado y/o laboratorios específicos en cada punto problemático. Otro de estos problemas es el costo que tendría implementar un sistema que se encuentre en el mercado. Los sistemas actuales de medición y monitoreo del ICA en tiempo real poseen un costo elevado el cual la empresa no puede cubrir.

4 Propuesta de Solución

Se tiene como propuesta el desarrollo de un sistema de medición del pH del agua en tiempo real con elementos de bajo costo y en condiciones de laboratorio, que se comunique a través de una red inteligente de sensores. Debido a que la realización de un prototipo que monitoree todas las variables del ICA tomaría más tiempo del que se posee para esta investigación, el sistema se enfocará solo en el pH. Así mismo con objeto de determinar la variación del sistema, el prototipo se realizará en condiciones de laboratorio. Esto implica que la medición se realizará en condiciones controladas, como por ejemplo la humedad, temperatura, polvo, iluminación, vibración y ruido, entre otras.

De igual manera debido al presupuesto limitado de la empresa se buscará realizar el prototipo con elementos de bajo costo, como lo es la plataforma, sensores etc.

5 Beneficios Esperados

La necesidad de la empresa por mejorar uno de sus procesos requiere la implementación de un sistema inteligente que mida el índice de pH del agua en tiempo real y a través de una red de sensores inteligentes como parte de un proyecto futuro en el que se desarrollara un sistema de monitoreo de la calidad del agua donde se incluirán más variables que intervienen en el ICA. El monitoreo constante del agua tiene con resultado la prevención de contaminantes que lleguen al consumidor.

La utilización de elementos de bajo costo como lo son sensores de pH y micro controladores de código abierto fáciles de usar, generará el conocimiento necesario para que un futuro la empresa pueda realizar el proyecto de monitoreo del ICA con una buena elección de elementos robustos para su sistema. Por último, la realización de este proyecto tendrá como beneficio principal un aumento en la eficiencia de la prueba de pH que se realizará en la empresa.

6 Conclusiones

En la actualidad, los procesos de monitoreo de los recursos naturales y del medio ambiente que nos rodea son de alta importancia. El monitoreo en tiempo real tiene como resultado un mejor tiempo de respuesta ante situaciones especiales que pudieran tener consecuencias si no se detectan a tiempo. El avance de la tecnología obliga a las organizaciones a renovar los procesos o servicios que ofrecen a sus clientes. Se espera que la propuesta de mejora tenga un impacto en la eficiencia de la realización de la prueba actual de pH. Así mismo con un sistema prototipo y diseñado por la empresa, en un futuro esta puede desarrollar un proyecto complejo donde se incluyan todas las variables con la finalidad de la comercialización del mismo.

Referencias

1. Florida Keys National Marine Sanctuary, <http://floridakeys.noaa.gov/ocean/waterquality.html>
2. Mason, A. (Editor), Mukhopadhyay, S. (Editor): Smart Sensors for Real-Time Water Quality Monitoring, Volume 4 of Smart Sensors, Measurement and Instrumentation. Springer (1999)
3. Spellerberg, I. F.: Monitoring Ecological Change. Cambridge University Press, New York. 374 p. (1991)
4. Bartram, J, Ballance R.: Water Quality Monitoring: A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programs. London UK: World Health Organization. 348 (1996)
5. Secretaría del medio ambiente y recursos naturales, http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/07_agua/cap7_2.html
6. World Health Organization, http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/ph.pdf.
7. Kohlmann, F., J.: What is pH and how is it measured? A technical handbook for industry. Hach Company U.S.A. (2003)
8. Meijer, G. (Editor), Pertijs, M. (Editor), Makinwa, K. (Editor): Smart Sensor Systems, Emerging Technologies and Applications. Wiley. (2014)
9. Digi International Inc, <http://www.digi.com/technology/rf-articles/wireless-zigbee>.
10. Williamson F., van den Broeke, J., Koster, T., Koerkamp, M., Verhoef, J., Hoogterp, J., Trietsch, E. y Graaf, B.: Online water quality monitoring in the distribution network. Water Convention at the Singapore International Water week. Singapore (2014)
11. Whittle, A., Allen, M., Preis, A. y Iqbal, M.: Sensor networks for monitoring and control of water distribution systems. In: The 6th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure. Hong Kong (2013)