

PONENCIA Nº

Eje Temático: e- Tecnología e Ingeniería Ambiental

Título del trabajo: ESTACIÓN DE MONITOREO CON TECNOLOGÍA IOT-MOBILE.

Datos del/os autor/es: Adrián Nisim. Fernando Rovitto.

Institución/es a la/s que representa/n: Facultad de Ingeniería, UP.

Nombre del/os director/es de la tesis/ trabajos: Gabriel Taboada, Estela Mónica López Sardi

Palabras Claves: Internet de las cosas, aplicaciones móviles, sensores ambientales.

Introducción

Las actividades humanas llevadas a cabo en un determinado lugar son la consecuencia de la relación que se establece entre los recursos naturales, el paisaje, las necesidades vitales de su población y las necesidades económicas de la sociedad. Evaluar cuán compatible es un impacto antrópico específico con la conservación del ambiente es un paso clave para la comprensión de las interacciones entre el territorio y el uso que se hace de él. En este contexto, las metodologías de evaluación ambiental representan una herramienta útil para describir condiciones que presentan un alto grado de riesgo. [1]. Tomar decisiones en una situación de riesgo ambiental es una acción basada en la información recogida durante la evaluación de riesgos. [2].

La calidad del agua de los ríos es de importancia porque está relacionada con todos los aspectos del bienestar humano y del desarrollo. [3]. Por lo tanto, monitorear dicha calidad es esencial para determinar los impactos de las actividades humanas, la adecuación del agua para uso humano y los flujos (a través de concentraciones y las mediciones de descarga) de sedimentos y contaminantes a los lagos. [4]. La minería, la industria, la agricultura y el crecimiento urbano se encuentran entre las actividades que ejercen mayor presión sobre la calidad del agua de ríos, lagunas y el litoral marítimo. Estos impactos repercuten rápidamente sobre el resto de los factores del ecosistema. El monitoreo continuo de la calidad del agua es una herramienta que permite evaluar las tendencias temporales y espaciales del recurso mediante el seguimiento de un conjunto de variables seleccionadas. Para realizar este monitoreo el diseño propuesto cuenta con sensores para medir el pH, la temperatura, la conductividad y el oxígeno disuelto en el agua.

La concentración de oxígeno disuelto depende de la difusión del aire del entorno, la aireación del agua debida a saltos o agitación, y como subproducto

de la fotosíntesis. Su concentración varía con la temperatura, disminuyendo a medida que esta aumenta (Ley de Henry). La superpoblación bacteriana disminuye el oxígeno disuelto, lo mismo que la eutrofización de los cursos de agua. El mínimo de oxígeno disuelto para una variada población de peces ronda las 5 ppm. El valor óptimo en aguas de buena calidad es de 9 ppm. Un valor menor a 3 ppm puede ser letal para la fauna ictícola. El oxígeno disuelto es absolutamente esencial para la supervivencia de todos los organismos acuáticos (no sólo peces también invertebrados como cangrejos, almejas, zooplancton, etc.). Además el nivel de oxígeno afecta a otros indicadores, no solo los bioquímicos, sino también el olor, la claridad del agua y el sabor. [5]. El pH o potencial de hidrógeno de una solución acuosa se calcula como:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

El valor obtenido de este parámetro nos da una idea de la acidez o basicidad de una solución acuosa. Los valores de pH se interpretan como se ve en la Tabla 1:

pH igual a 7	Medio neutro
pH menor a 7	Medio ácido
pH mayor a 7	Medio básico

Tabla 1: Interpretación del pH.

Valores de pH entre 6 y 9 son los más aptos para el desarrollo de la vida acuática. A valores por debajo de 4 o por encima de 11 se observa mortandad de peces.

Una modificación de la temperatura media de un curso de agua afectará a los peces y a las algas que viven en ellas. El uso termoeléctrico del agua genera contaminación térmica. También los vertidos afectan a la temperatura media de los cursos de agua. Como vimos más arriba la modificación de la temperatura afecta la concentración del oxígeno y el pH, entre otros valores. Un aumento de la temperatura tendrá también influencia en la cinética de todos los procesos físico-químicos y biológicos que en ella ocurren. [5].

Otro factor a considerar es la concentración y tipo de sólidos disueltos (SD) en el agua. Un aumento de los mismos puede deberse a distinto tipo de vertidos, por disolución del lecho rocoso o a la percolación de suelos. Un tipo específico de SD, aquellos que poseen iones Ca^{2+} y Mg^{2+} , se denominan dureza del agua y este es un valor determinante para el tipo de fauna ictícola que se puede desarrollar. Una elevada concentración de SD puede afectar la palatabilidad del agua o provocar reacciones fisiológicas adversas en personas expuestas al contacto. Tanto la dureza como los sólidos disueltos totales se pueden estimar midiendo la conductividad del agua. El límite recomendado se establece en 500 ppm (mg/ L). Se calcula a partir de la conductividad del agua:

$$K * c = \text{SD}$$

Donde K es la conductividad y c es el coeficiente de correlación a temperatura estándar. Se suele adoptar como valor de equivalencia $2 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm}$, por lo que el coeficiente c resulta tener un valor de $0,5 \text{ ppm} / (\mu\text{S}/\text{cm})$. [5].

Objetivo

El objetivo del proyecto fue diseñar un sistema capaz de tomar la información suministrada por un grupo de sensores y transmitirla en tiempo real, procesando la información y entregando un diagnóstico mediante tecnología *IoT-mobile*. Internet of things (IoT) es la conexión que se establece entre personas y objetos a través de internet, por lo general mediante telefonía celular (mobile), utilizando una aplicación (app) para seguir, desde un dispositivo móvil o una PC, la evolución de una situación a distancia e incluso puede llegar a permitir realizar, si el sistema está preparado para ello, determinadas acciones de intervención.

Materiales y métodos

Hardware: Raspberry Pi es una single board computer (SBC) o computadora de una sola placa, que cuenta con diversas entradas para conectar diferentes piezas de hardware. Posee puertos GPIO (General Purpose Input Output) que pueden comunicarse con dispositivos externos, como sensores y actuadores, que son capaces de implementar diferentes protocolos. Se pueden programar los pines para interactuar con el mundo real. La entrada puede provenir de un sensor o una señal de otro ordenador o dispositivo. Las salidas pueden desde encender un LED o un motor hasta enviar una señal o dato a otro dispositivo. Si la Raspberry Pi está en una red, puede controlar los dispositivos que están conectados a ella, y mediante Internet, los dispositivos pueden enviar datos de vuelta. [6].

Sistema operativo: Raspbian es un sistema operativo libre y gratuito basado en Debian y optimizado para el hardware de la Raspberry Pi. Es un conjunto de programas básicos y de soporte, existiendo unos 35 mil paquetes precompilados que facilitan el acceso a los puertos GPIO. [7].

Sensores [8 y 9].

Sensor de Temperatura, modelo DS18B20.: Es una versión impermeabilizada del sensor DS1820, proporciona lecturas de 9 a 12 bits de precisión. Se recomienda utilizarlo hasta los 100 grados de temperatura porque el material del cable está revestido con PVC. Utilizable con sistemas de 3,0v a 5,5v.

Sensor de pH, modelo SEN0161.: Es un sensor de bajo costo, diseñado para los controladores de Arduino, tiene una conexión simple del tipo BNC y una interfaz del sensor PH2.0, la cual se conecta analógicamente al controlador para leer el valor del pH en mili Volts. El tiempo de respuesta de censado es menor o igual a 1 minuto.

Sensor de conductividad eléctrica, modelo: DFR0300.: Este sensor está diseñado para trabajar con controladores Arduino, es analógico y de bajo costo. En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de medida de conductividad

es Siemens / metro (S / m), si bien es usual expresarla en $\mu\text{S}/\text{cm}$. ($1\text{S}/\text{m} = 10000 \mu\text{S}/\text{cm}$). Rango de medición: $1\text{ms}/\text{cm} - 20\text{ms}/\text{c}$. Temperatura de operación: 5 a 40°C . Precisión: $< \pm 5\%$ F.S.

Sensor de oxígeno disuelto, Atlas Scientific: es un dispositivo pasivo que genera un pequeño voltaje de 0 mV a 47mV dependiendo de la saturación de oxígeno de la membrana de detección de polietileno de alta densidad (HDPE). Esta tensión puede ser fácilmente leída por un multímetro o un convertidor de analógico a digital. Rango: $0\text{-}20 \text{ mg} / \text{L}$. Temperatura máxima: 50°C . Presión máxima: 690 kPa . La profundidad máxima de uso es 60 m .

Arquitectura [10, 11 y 12]. Como se observa en la Figura 1, se utilizan dos arquitecturas combinadas para este trabajo. Por un lado, la arquitectura cliente-servidor y por el otro lado la arquitectura de comunicación punto a punto Bluetooth. La arquitectura cliente-servidor es un modelo de aplicación distribuida que reparte las tareas entre el servidor y los clientes, en este caso, al ser un servidor web utiliza el protocolo de comunicación HTTP. La arquitectura punto a punto Bluetooth, es un modelo de comunicación directa entre el servidor y el dispositivo cliente, es de bajo costo y se utiliza únicamente si se está en un rango no mayor a 10 metros de distancia.

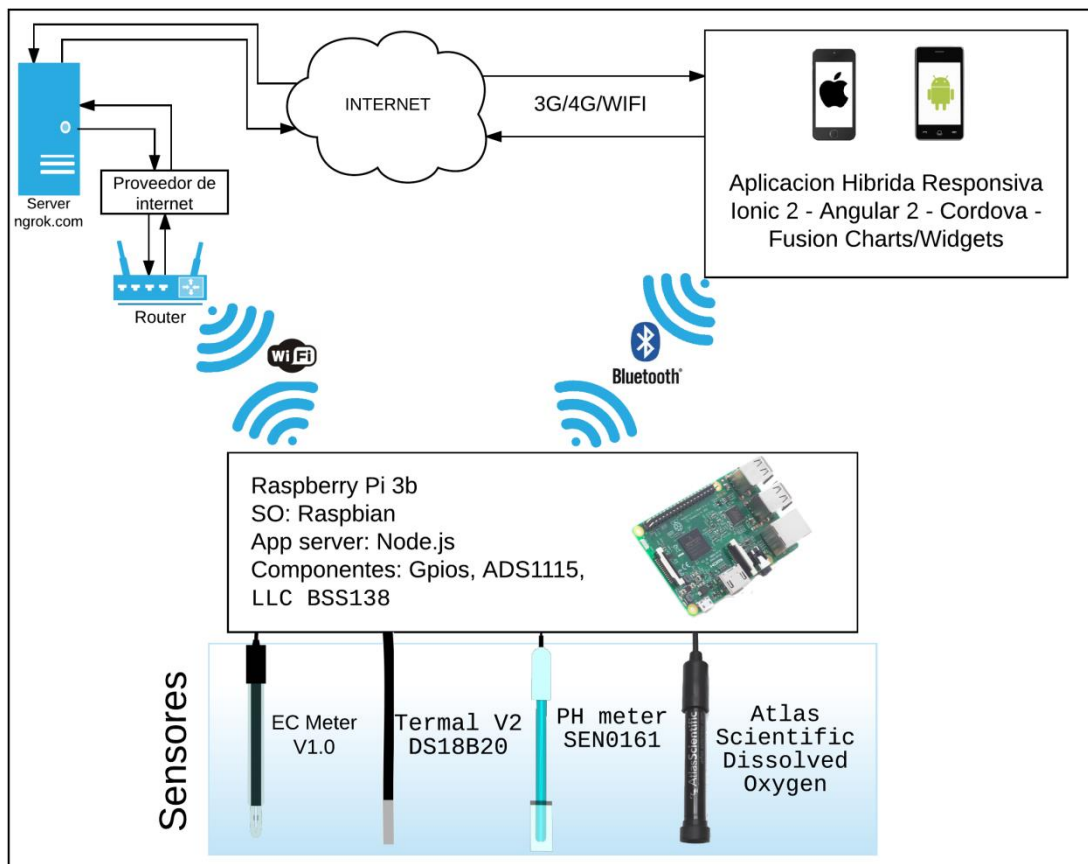


Figura 1: Arquitectura y flujo de datos

Metodología [13]. Modelo en espiral. Los modelos evolutivos permiten a los desarrolladores crear versiones cada vez más complejas del software. Entre los modelos evolutivos se encuentra el modelo en espiral, que presenta múltiples ventajas: puede adaptarse y aplicarse a lo largo de la vida del software, permite reaccionar mejor ante los riesgos de los distintos niveles evolutivos y permite enfocarse en la construcción de prototipos en cualquier etapa de evolución del producto. Entre sus desventajas destacamos que requiere gran habilidad y experiencia para valorar el riesgo y saber cuándo detener la evolución.

Resultados

Estamos trabajando en el armado de un prototipo donde se pone en práctica el diseño propuesto. El sistema consta de un dispositivo ubicado en contacto con el agua (Water Measure Station - WMS), que consiste en una Raspberry pi y los sensores, de los cuales se obtienen los correspondientes valores de medición del agua. Realiza la función de servidor web sirviéndose de una interface para poder ser consumida por la aplicación Mobile. Para asegurar que la APP pueda acceder al dispositivo desde cualquier lugar se utiliza la API de ngrok.com que deja que se conecte con un simple DNS. Esta API se instala en el servidor como servicio para que esté disponible desde el arranque. Como parte del trabajo se desarrolló una aplicación Mobile (AQUARIUM) que se ejecuta desde un dispositivo. Se conecta a la WMS mediante una conexión 2G/3G/4G/WIFI o punto a punto Bluetooth, para obtener las correspondientes mediciones (pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica). AQUARIUM ofrece las siguientes funcionalidades: monitoreo de parámetros, ya sean valores instantáneos o línea de tiempo, diagnóstico de la calidad del agua mediante un algoritmo que tiene en cuenta las particularidades del recurso en cuestión y se puede incorporar la capacidad de sugerir acciones destinadas a subsanar los inconvenientes detectados.

La WMS puede funcionar desde la orilla, alimentada por la red eléctrica o montada sobre una plataforma flotante, alimentada por un sistema de paneles FV.

Conclusiones

La calidad del agua es de vital importancia dado su alto grado de interacción con los distintos factores del ecosistema. La implementación de distintas estrategias para el diagnóstico y control de sus parámetros permite el monitoreo instantáneo y también el estudio de la evolución en el tiempo. La elección de Raspberry Pi para el equipo de monitoreo simplificó nuestro trabajo, en cuanto a conectividad, cumpliendo una función estratégica en la arquitectura planteada. Ya hemos logrado poner en funcionamiento un conjunto de componentes, como ser los sensores e interfaces. Fue posible hacer funcionar la aplicación Mobile híbrida en dispositivos con sistemas operativos Android e iOS. La misma fue diseñada para que sea operada de forma intuitiva por los usuarios, brindándoles el monitoreo y diagnóstico del agua en tiempo

real. Con todo esto, se evidencia que los avances tecnológicos nos permiten integrar distintas áreas de investigación logrando desarrollos más eficientes, ágiles e impensados hace algunos años.

Citas bibliográficas

1. Uricchio, V. F.; Giordano, R.; López, N. (2004). *A fuzzy knowledge-based decision support system for groundwater pollution risk evaluation*. Journal of Environmental Management 73, 189–197.
2. Finizio, A., Villa, S., (2002). *Environment risk assessment for pesticides. A tool for decision-makers*. Environmental Impact Assessment Review 22, 235–248
3. ONU. (2012). *El futuro que queremos*. Documento final de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible. Rio de Janeiro. Brasil. Junio de 2012. Pág. 72.
4. Chapman, D. V. et al. (2016). *Developments in water quality monitoring and management in large river catchments using the Danube River as an example*. Environmental Science and Policy 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.015>
5. Cattaneo, M. P.; López Sardi, E. M. (2013). *Evolución de la calidad del agua de la cuenca Matanza-Riachuelo*. Revista Ciencia y Tecnología. Fac. de Ing. UP. N° 13, págs. 251 – 278
6. Restrepo Lacerna J. et al.(2015). *Sistema de operación y monitoreo para un vehículo mediante Raspberry pi*. Tesis. Universidad Tecnológica de Pereira.
7. RASPBIAN, [Online]. Available: <https://www.raspbian.org/>. [Accedido: 05-May-2017].
8. SENSOR, [Online]. Available: <http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=sensor>. [Accedido: 05-May-2017].
9. SENSOR DE OXÍGENO DISUELTO, [Online]. Available: <https://hetprostore.com/sensor-de-oxigeno-disuelto/> [Accedido: 05-Jun-2017].
10. Node.js, [Online]. Available: <http://www.netconsulting.es/blog/nodejs/>. [Accedido: 05-May-2017].
11. A. Wernher-Bel, (2017). *Introducción a Ionic 2*. [Online]. Available: https://code.tutsplus.com/articles/introduction-to-ionic-2--cms-28193?ec_unit=translation-info-language. [Accedido: 05-May-2017].
12. González Bañales, D.L.; Monárrez Armendáriz, C. (2015) *Aplicación de principios de diseño adaptativo para el acceso a la plataforma moodle en dispositivos móviles*. Conferencia. Virtual Educa 2013. Medellín. Colombia.
13. Méndez Nava, E. M.; Ramón, G.(2006). *Modelo de evaluación de metodologías para el desarrollo de software*. Tesis. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas, Venezuela.