



**Red Inalámbrica de Sensores Inteligentes con Nodos Robotizados para la Supervisión del Ecosistema y Contaminación del Agua en Lagos y Lagunas**

**Maria J. Mendoza S.<sup>1</sup>, José Guerra Salazar<sup>2</sup>, Natalia P. Layedra L.<sup>3</sup>, José Morales Gordon<sup>4</sup>**

**Patricio Adolfo Romero<sup>5</sup>**

- 1. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, marymjc60@hotmail.com**
- 2. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, j\_guerra@esPOCH.edu.ec**
- 3. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, nlayedra@esPOCH.edu.ec**
- 4. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, j\_morales@esPOCH.edu.ec**
- 5. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, adolfo.romero@esPOCH.edu.ec**

**RESUMEN**

Se aplicó una red inalámbrica de sensores inteligentes, con nodos robotizados para la supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas utilizando tarjetas de desarrollo, el mismo es un sistema modular, parametrizable, de bajo costo, fácil instalación y manejo, se estructura como una red unidireccional tipo estrella, lo que permite incorporar nuevos módulos e identificar áreas críticas. De las pruebas realizadas se comprobó que el sistema diseñado es capaz de medir las variables con errores absolutos máximos en temperatura del agua de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , pH de  $\pm 0.1$ , turbidez de  $\pm 1$  UNT, conductividad de  $\pm 1$  S/cm, temperatura ambiente de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa ambiente de  $\pm 3\%$  HR mediciones con una exactitud acorde a las de los sensores inteligentes utilizados en laboratorios; cada medición viene acompañada de la ubicación de la toma a través del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y la captura de video-imágenes del ecosistema acuático. Su tamaño y complejidad obedece a las dimensiones del medio. Consta de tres módulos que se comunican por radiofrecuencia hasta 10 Km sin obstáculos con una alimentación de 5 V, Wi-Fi y GSM. El primero denominado Nodo Robotizado Acuático formado por los sensores de supervisión del ecosistema y contaminación del agua contenidos en el nodo robotizado que navega por el lago o laguna obteniendo los datos que son enviados a los módulos restantes. El segundo una Estación Remota en Tierra que traduce, visualiza, almacena la información, y conduce el nodo robotizado acuático. El tercero un Módulo de Aviso encargado de recibir un mensaje en el dispositivo móvil cuando un parámetro supera los límites permisibles, a la vez que controla los movimientos de la cámara robotizada. La información que se pueda recopilar con el sistema genera bases de datos históricas que permitirán desarrollar modelos operacionales para predecir comportamientos que afecten a los lagos y lagunas



**Palabras Claves:** GPS, GSM, Nodo Robotizado, Sensores, pH, Temperatura, WI-FI, Red de sensores inalámbricos (WSN)

### **ABSTRACT**

A smart electronic prototype to measure the electric consumption by acquisition modules and voltage processing, current, power and electric energy (APVCP&E) has been developed. It can detect no-technical loss when the electrical energy is being stolen in the supply connections. The prototype was implemented with an Arduino MEGA 2560 and a Liquid Crystal Display (LCD) which let us see voltage information, RMS (Root-mean-square) current, active power and the value to be paid by energy consumption. The last element is to encourage user to save energy. The smart meter offers bidirectional communication by internet between provider enterprise and the meter, supplies information in real time of the consumption and if it is legal. In a distant way, the enterprise can connect and disconnect the service by a controlling software. As a result, we concluded that the system can measure real RMS values of voltage with an error of  $\pm 0.1$  V and errors in current of  $\pm 0.3$  A, with a sensitivity for AC (alternating current) insignificant the prototype can detect to variable distance measures. It is a correct detection of not recommend to design ant currents. It is determined that s up to 30m without alteration in the echnic losses by energy theft. We n a web page to manage on a data basis the information rototype in order to evaluate the historical consumption of the client and give immediate replies to the problem.

**Keywords:** GPS, GSM, Robotic Node, Sensors, pH, Temperature, WI-FI, Wireless Sensor Network (WSN)

## **I. INTRODUCCIÓN**

Los lagos y lagunas se forman por el deshielo glacial o por la erosión, otros por el estancamiento de los ríos; almacenan agua estancada, alcanzan profundidades entre 1 y 2000 m, su superficie puede ser desde unos cuantos metros hasta miles de kilómetros cuadrados. Los ecosistemas lacustres y los terrestres que los rodean, aportan gran cantidad de materiales como sedimentos que se depositan en los lagos provenientes de los alrededores. La materia orgánica y las plantas que mueren aumentan la materia en descomposición, sobre la que actúan las bacterias. Esta actividad consume la cantidad de oxígeno disuelto, modificando las condiciones del medio y restringiendo la vida por debajo de la superficie. El número de especies se reduce considerablemente y la actividad termina por limitarse a la superficie. [1]  
[2]



La Organización de las Naciones Unidas para la Educación UNESCO en su informe menciona que la agravante crisis del agua y la pérdida de ecosistemas, recae sobre la humanidad por la disminución gradual y sostenida de los recursos hídricos para consumo y producción. El Instituto Internacional de Recursos Hídricos pronostica que para alimentar al planeta dentro de 20 a 30 años sólo el sector agrícola necesitará incrementar al menos un 17% más de agua de lo que dispone actualmente, lamentablemente aún no se sabe de dónde provendrá esta agua. [3]

En busca de recuperar y salvaguardar estos ecosistemas se han desarrollado algunos proyectos en el Ecuador como el sistema de monitoreo de la integridad ecológica de ríos y lagos encaminado al entendimiento de la limnología de los lagos alto-andinos que se aplica en el Parque Nacional El Cajas de la provincia del Azuay cuyo sistema lacustre es uno de los más densos de los Andes Ecuatorianos. Sin embargo, el sistema desarrollado está formado por estaciones fijas de monitoreo distribuidas por zonas, poseen equipos especializados de trabajo para el análisis y transporte de muestras tomadas en el sitio. Está regido por cronograma de toma de muestras y requiere el traslado del equipo de trabajo a lugares de difícil acceso lo que incrementa costos [4].

En la mayoría de sistemas que supervisan ecosistemas y calidad del agua se trabaja por separado y la toma de datos se analizan en laboratorios, los mismos se encuentran formados por el equipo de recolección de datos y el área de análisis de la información; sus limitaciones son los costos excesivos de equipos, su gran volumen que dificulta su traslado a diferentes lugares y la toma de muestra es en su mayoría de difícil acceso. Por lo que es necesario elaborar diseños que faciliten su movilidad. [5]

Por lo expuesto anteriormente se diseña un sistema WSN-Robotizado, cuyo objetivo es aplicar una red inalámbrica de sensores inteligentes, con nodos robotizados para la supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas. Su implementación es de bajo costo comparado con equipos tradicionales, y su aplicación se enmarca en la búsqueda de soluciones para mejorar la calidad de vida de la población y del medio ambiente.

## **II. ARQUITECTURA DEL WSN-ROBOTIZADO**

En la figura.1 se presenta la arquitectura de la red inalámbrica de sensores inteligentes con nodos robotizados para la supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas el mismo que lo denominamos de aquí en adelante como WSN-Robotizado, y está compuesta por: el Nodo Robotizado Acuático (NRA), la Estación Remota en Tierra (ERT) y el Módulo de Aviso.



**Figura.1.** Arquitectura del WSN-ROBOTIZADO

**Fuente:** Grupo de Investigación

#### **A. Nodo Robotizado Acuático (NRA)**

Este módulo está encargado de supervisar, recolectar y transmitir la información medida por los sensores en tiempo real, permite obtener datos de pH, temperatura, conductividad y turbidez del agua, humedad relativa y temperatura ambiente, latitud/longitud del lugar en donde se realiza la supervisión, además realiza la captura de video-imágenes del ecosistema acuático. Parámetros necesarios para la supervisión del ecosistema y la contaminación del agua. Transmite la información recolectada por los sensores a la estación remota en tierra en forma directa al computador por módulos de radiofrecuencia (RF). El módulo está integrado por sensores, una fuente de alimentación independiente, un transmisor de RF y un circuito de procesamiento, los mismos se encuentran contenidos en un nodo robotizado encargado de transportarlos y protegerlos.



## Red Inalámbrica de Sensores Inteligentes con Nodos Robotizados para la Supervisión del Ecosistema y Contaminación del Agua en Lagos y Lagunas

Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 120-136. ISSN 1390-9304

En la Figura.2 Se muestra el diagrama en bloques del NRA, integrado por nueve bloques, dos de estos contienen los sensores que se encargan de la medición de las 6 variables físico-químicas del agua y del ambiente, un bloque contiene el sensor que obtendrá la ubicación mediante el sistema de posicionamiento global (GPS), un bloque que se encarga de capturar las video imágenes y las transmite a través de Wi-Fi. El bloque de procesamiento que recibe la información de los sensores. Esta información es entregada al bloque de transmisión para ser enviada a los módulos restantes. El bloque GSM-SMS se encarga de enviar un mensaje de texto a un dispositivo móvil cuando los parámetros medidos se encuentran fuera del rango permisible. Por último, está el bloque Nodo Robotizado que se encarga de transportar y proteger el resto del NRA.



**Figura. 1. Diagrama de bloques del NRA.**

**Fuente:** Grupo de Investigación

En la Figura. 3 se muestra el esquema de conexión del nodo recolector acuático NRA, Conectados al Arduino Mega se tiene:

- El sensor de temperatura y humedad relativa del ambiente (AM2301) se une su salida de datos (OUT) con el terminal 4 del Arduino. Adicional se debe conectar una resistencia de 5,1 k $\Omega$  entre el terminal OUT y la alimentación de 5 V. [2]
- El sensor de temperatura del agua DS18B20 se une su salida de datos (DQ) con el terminal 12 del Arduino. Se debe conectar una resistencia de 4,7 k $\Omega$  entre el terminal DQ y la alimentación de 5 V. [3]
- Sensor de pH del agua SEN0161 se conecta su salida Po al pin A2 del Arduino y la alimentación a 5 V. [4]



## Red Inalámbrica de Sensores Inteligentes con Nodos Robotizados para la Supervisión del Ecosistema y Contaminación del Agua en Lagos y Lagunas

Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 120-136. ISSN 1390-9304

- Sensor de conductividad se conecta a los pines A0 y A5 y la alimentación de 5 V, se debe conectar una resistencia de 10 k $\Omega$  entre el terminal GND y A0. [5]
- Sensor de turbidez utiliza el terminal A2 y A3, con alimentación de 5 V. [6]
- El GPS NEO 6M se conecta a la alimentación de 3.3V del Arduino UNO el pin GND del Arduino UNO al pin GND del módulo GPS, el pin digital 4 del Arduino UNO al pin Tx del módulo GPS y el pin digital 3 del Arduino UNO al pin Rx del módulo GPS. [7]
- Se debe conectar una fuente de alimentación externa al *shield GPRS* y alimentar el Arduino con una fuente aparte, se utiliza los pines 7 y 8 para la comunicación serie y el GND entre ambas tarjetas. [8]

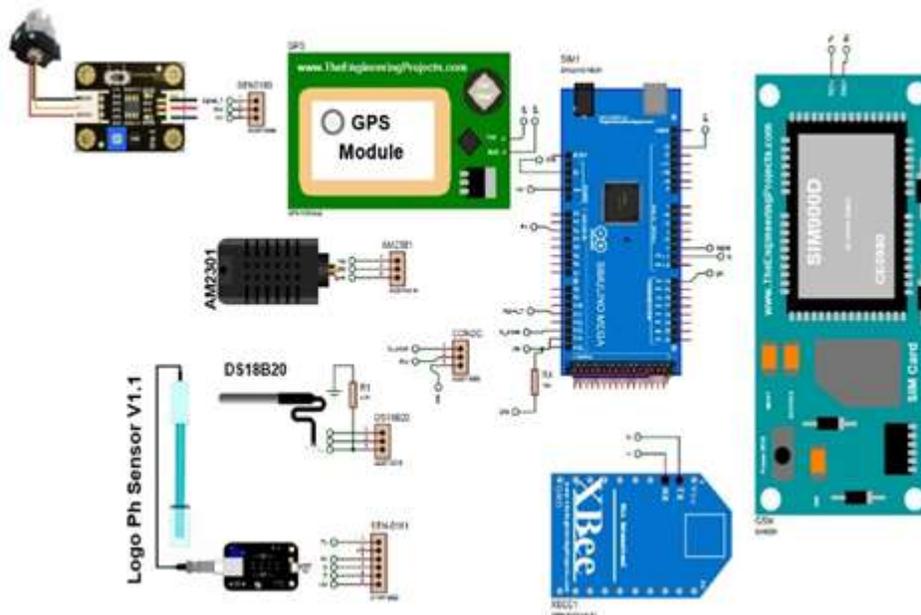
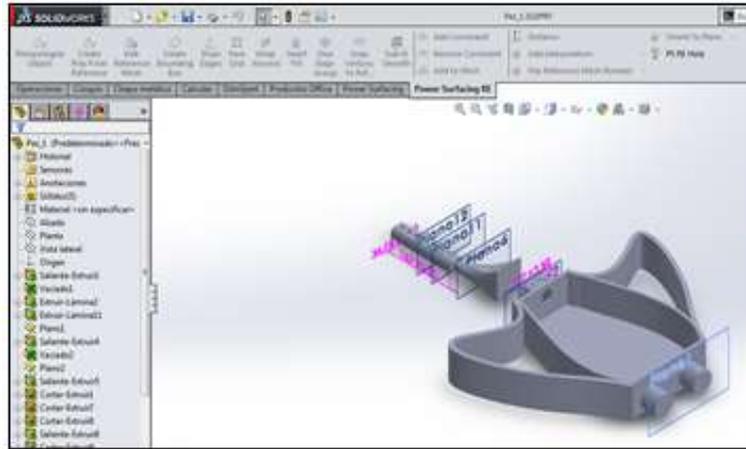


Figura. 2. Esquema de conexión del NRA

Fuente: Grupo de Investigación

### B. Nodo Robotizado

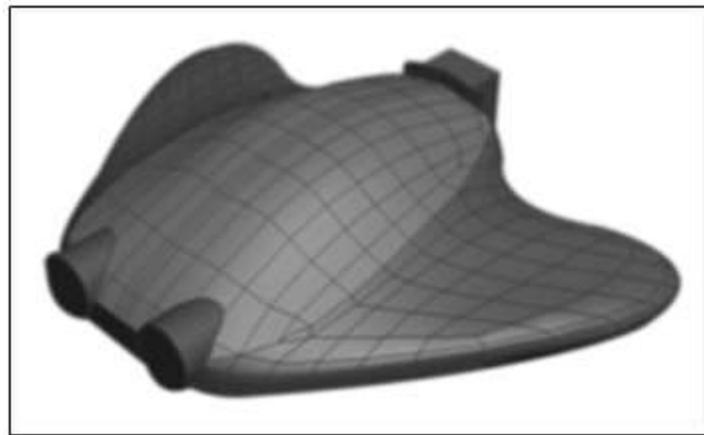
La estructura del nodo robotizado fue desarrollada con la ayuda de la herramienta de diseño mecánico *SOLIDWORKS CAD* en 3D que proporciona facilidad de diseño robusta, la misma se puede observar una parte del diseño en la Figura.4



**Figura 3.** Diseño del Nodo Robotizado

**Fuente:** Grupo de Investigación

El nodo está compuesto por material tipo PLA o ácido poliláctico que es uno de los filamentos más versátiles para la impresión en 3D de tipo biodegradable y normalmente se obtiene del almidón de maíz, permitiendo una textura de las piezas no tan suave, pero sumamente brillante y con esquinas suavizadas [9], en la Figura. 5 se presenta el prototipo impreso.



**Figura 4.** Nodo Robotizado

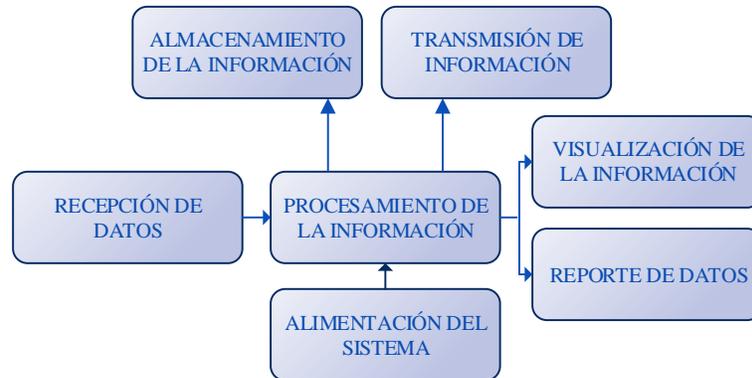
**Fuente:** Grupo de Investigación

### **C. Estación Remota en Tierra (ERT)**

Es una estación fija o móvil que se encarga de concentrar toda la información transmitida por radiofrecuencia desde el NRA por las zonas donde se desplace el nodo robotizado; permite visualizar y almacenar la información en el computador, de esta manera se crea una base de datos para que el usuario



pueda acceder a la misma. Además, cuenta con un bloque que transmite información al nodo robotizado para el control de sus movimientos. En la Figura. 6 se puede observar el diagrama de la ERT.



**Figura. 5.** Diagrama de bloques de la ERT

**Fuente:** Grupo de Investigación

#### **D. Módulo de Aviso**

En la Figura. 7 se muestra el diagrama de bloques del Módulo de Aviso del WSN-ROBOTIZADO que consta de cuatro bloques interconectados unidireccionalmente. El bloque de recepción de datos que recibe a través de la red GSM un mensaje de alerta, además recibe las video-imágenes por medio de Wi-Fi, información enviada desde el NRA; la misma se procesa en el módulo de Procesamiento de la Información la cual se envía al módulo de Visualización para que las muestre: la primera en forma de mensaje de texto SMS y la segunda mediante la APP Android. El cuarto bloque es el de Transmisión de la Información encargado de controlar los movimientos de la cámara robotizada.



**Figura 6.** Diagrama de bloques del Módulo de Aviso

**Fuente:** Grupo de Investigación

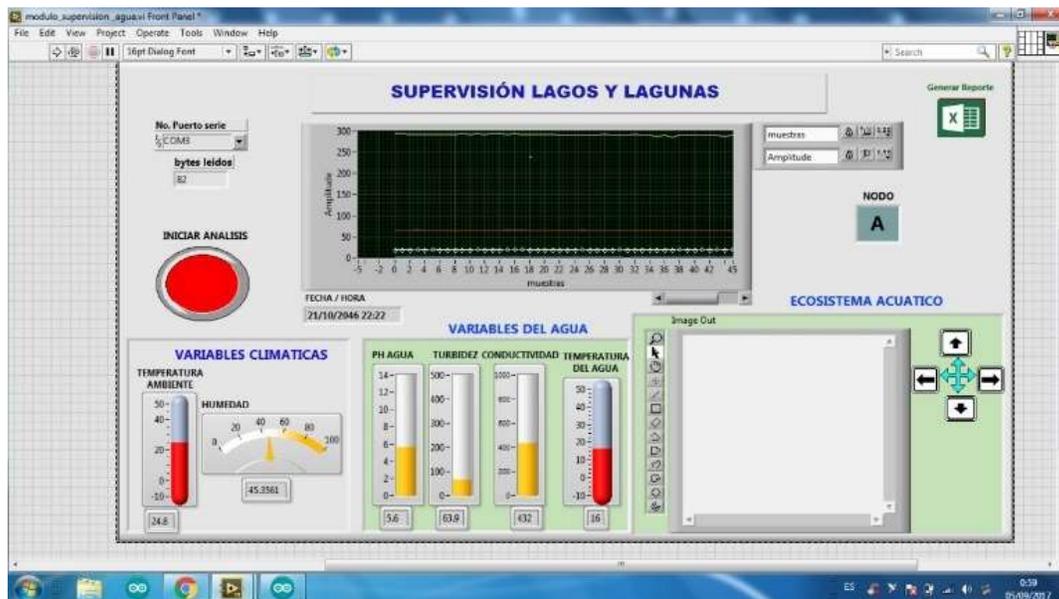
## **II. SOFTWARE DE RECOLECCIÓN EN LA ERT**

Para la comunicación con la ERT se utiliza un receptor de radiofrecuencia *XBee-PRO XSC*, que trabaja a una frecuencia de 900 MHz, ideal para distancias de transmisión con requerimientos críticos [10]. Se



utiliza también el sistema *Flysky Fs-i6* dispositivos que garantizan una transmisión de radio de largo alcance libre de interferencias. [11]

El *software* de supervisión desarrollado permite obtener información de los sensores por el puerto USB en el computador. La interfaz mostrada en la Figura.8 fue diseñada en LabVIEW, encargada de tomar una cadena de caracteres ASCII suministrada por el NRA, la información recibida es presentada en forma numérica y grafica en la pantalla del computador y a la vez es almacenada como un archivo en el disco duro, el mismo puede ser procesado en hojas de cálculo y procesadores de texto. Podemos observar los valores de la Temperatura del Agua y Temperatura Ambiente en grados Celsius °C , Humedad Relativa Ambiente en %HR y pH del Agua. Incluido a un panel para visualizar las video-imágenes en tiempo real del ecosistema acuático. [12]



**Figura. 7.** Panel frontal de la herramienta virtual desarrollada en LabVIEW para el WSN-ROBOTIZADO

**Fuente:** Grupo de Investigación

### III. VALIDACIÓN DEL WSN-ROBOTIZADO

En la Figura.9, se muestra el prototipo implementado, se realizaron 5 pruebas para validar el funcionamiento, las mismas que se detallan a continuación.



**Figura. 9.** Prototipo implementado

**Fuente:** grupo de investigación

**a. Repetitividad del Nodo Robotizado Acuático**

Para este análisis se tomaron 25 muestras durante un lapso de tiempo de un minuto almacenado en un archivo en el computador a través de la herramienta desarrollada en LabVIEW2015. El análisis estadístico se realizó con la ayuda de Microsoft Excel 2013, con cual se calculó la media ( $\bar{x}$ ), la desviación estándar ( $\sigma$ ) y el coeficiente de variación ( $C.V = (\frac{\sigma}{\bar{x}}) * 100\%$ ) como se muestra en la tabla 1, determinándose que el coeficiente de variación del 0% en la temperatura del agua, 0.68% en el pH del agua, 0,05% en la conductividad del agua, 0,47% en la turbidez del agua, 0.95% en la temperatura ambiente y 0.62% en la humedad relativa del ambiente, valores que exhiben poca variabilidad, determinándose la estabilidad de las mediciones realizadas con el NRA.

**TABLA I.** Fiabilidad de los sensores temperatura y ph del agua, temperatura y humedad relativa ambiente

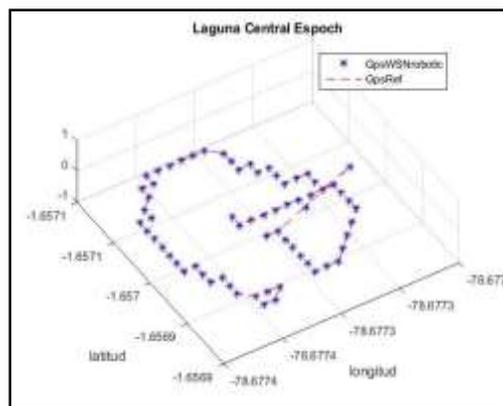
Nro.	Sensores de parámetros del agua				Sensores de parámetros del ambiente	
	TEMPERAT	Ph	CONDUCTIVIDAD μS/cm	TURBIDIDAD NTU	TEMPERATURA °C	HUMEDAD RELATIVA %HR



	URA °C					
	DS18B20	Logo pH Sensor V1.1	Sensor de Conductividad	SKU: SEN0189	AM2301	AM2301
<b>Media</b>	18,00	6,97	365,08	70,64	21,04	53,12
<b>Desviación Estándar (<math>\sigma</math>)</b>	0,00	0,05	0,20	0,33	0,20	0,33
<b>Coefficiente de Variación</b>	0,00%	0,68%	0,05%	0,47%	0,95%	0,62%

**Fuente:** Grupo de Investigación

Se realiza la caracterización del sensor de GPS, para este análisis se puso en funcionamiento el Nodo robotizado con el cual se tomaron varias muestras durante un lapso de tiempo de 10 minutos almacenados en un archivo en el computador y a través de la herramienta software MatlabR2015a se realiza el gráfico de la trayectoria tomada, para comprar con las mediciones tomadas con el equipo comercial (Oregon 550T), y se muestran los resultados. [13] En la Figura.10 podemos observar las trayectorias realizadas por los dispositivos.



**Figura. 10.** Trayectorias graficadas en MatlabR2015a

**Fuente:** Grupo de Investigación



Para una mejor referencia se utiliza la herramienta virtual en línea “*GPS Visualizer*” en la cual se puede mostrar rutas de conducción, direcciones de calles o coordenadas simples para visualizar rápidamente datos geográficos como observaciones científicas, eventos, ubicaciones; la estabilidad de las mediciones realizadas se muestra en la Figura 11.



**Figura. 11.** Representación de la trayectoria realizada utilizando GPS Visualizer

**Fuente:** Grupo de Investigación

***B. Evaluación de la comunicación del NRA en el proceso de recolección de datos por la ERT.***

Para la evaluación de la comunicación del NRA y la ERT se realizan dos pruebas en la primera se utiliza el puerto de comunicaciones y el computador para evaluar este enlace; las pruebas consistieron en observar los datos transmitidos del NRA a la ERT y constatar que no exista pérdida de información durante la recolección de datos, como se puede observar en la Figura.12 se muestra la trama generada por el NRA y mostrada en la ERT, las mismas corroboran que no existe pérdida del enlace, ni de datos.



# Red Inalámbrica de Sensores Inteligentes con Nodos Robotizados para la Supervisión del Ecosistema y Contaminación del Agua en Lagos y Lagunas

Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 120-136. ISSN 1390-9304

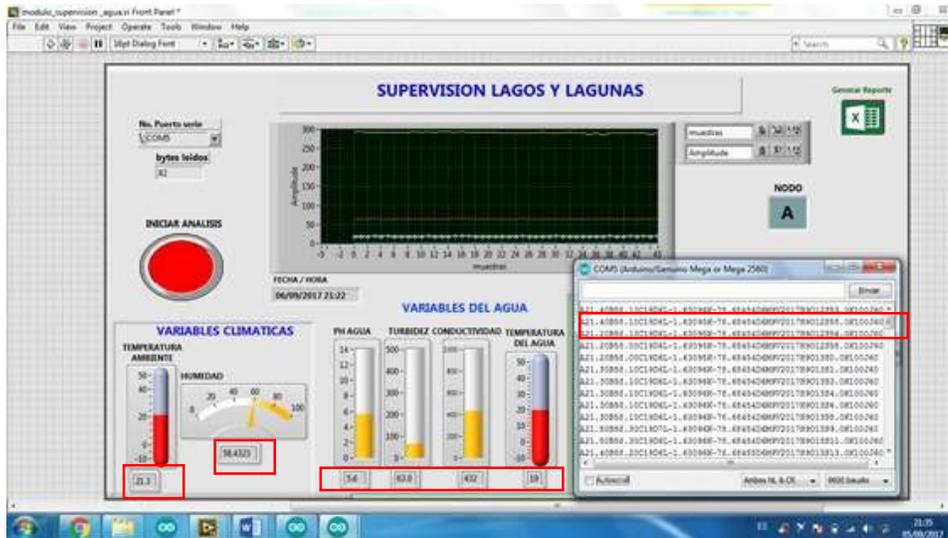


Figura. 12. Verificación de la comunicación entre el NRA y la ERT.

Fuente: Grupo de Investigación

En el segundo proceso se determina el alcance de la comunicación, para ello se pone en funcionamiento el NRA transportándolo cada vez más lejos de la ERT. Al finalizar la prueba se concluye que la comunicación puede alcanzar una distancia de 10Km con una alimentación de 5V.

### C. Evaluación de la comunicación del Módulo de Aviso

El módulo de aviso recibe dos tipos de información un SMS y la captura de video-imágenes desde el NRA, por lo que se evalúa la comunicación para la recepción de los mismos. En la Figura.13 se puede observar el mensaje SMS enviado desde el NRA al dispositivo móvil cuando uno de los parámetros medidos se encuentra fuera del rango permisible, el mismo presenta un tiempo de respuesta de 37 segundos.

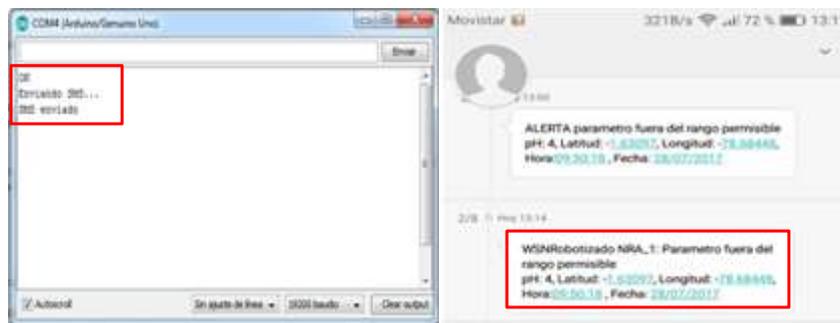


Figura. 13. Módulo de Aviso en funcionamiento.

Fuente: Grupo de Investigación



**Red Inalámbrica de Sensores Inteligentes con Nodos Robotizados para la Supervisión del Ecosistema y Contaminación del Agua en Lagos y Lagunas**  
*Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 120-136. ISSN 1390-9304*

La captura de las video-imágenes se evalúa con el dispositivo móvil y la cámara robotizada en enlace inalámbrico punto a punto. Para la prueba se utiliza el comando ping que permite comprobar el enlace de datos en la red del Módulo de Aviso y el NRA como se aprecia en la Figura. 14.



**Figura. 14.** Comprobación del estado de enlace de red

**Fuente:** Grupo de Investigación

En la Figura. 15, se observa la APP de la cámara robotizada para la supervisión en línea del ecosistema acuático, se realizó el envío y recepción de datos de control de la cámara robotizada comprobando de esta manera el enlace de comunicación Wi-Fi y se verifica que los ángulos de supervisión pueden variar de 70° en elevación y 135° en azimut con un alcance máximo de transmisión de datos de 30 metros.



**Figura. 15.** APP de la cámara robotizada.

**Fuente:** Grupo de Investigación

#### **IV. CONCLUSIONES**

- Se diseñó e implementó la red inalámbrica de sensores inteligentes, con nodos robotizados para la supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas, cuya operatividad se concibe mediante un Nodo Robotizado Acuático, la Estación Remota en Tierra y el Módulo de Aviso.



## Red Inalámbrica de Sensores Inteligentes con Nodos Robotizados para la Supervisión del Ecosistema y Contaminación del Agua en Lagos y Lagunas

*Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 120-136. ISSN 1390-9304*

- Se utiliza comunicación inalámbrica WiFi, radiofrecuencia (RF), satelital y GSM. No existe interferencia entre los enlaces de comunicación implementados en el sistema ya que los mismos trabajan en distintas bandas de frecuencia.
- Mediante el análisis de repetitividad y comparación se comprobó que el WSN-ROBOTIZADO no incorpora error adicional en las mediciones, y es capaz de medir temperatura ambiente y del agua con errores máximos de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa ambiente de  $\pm 3\%$  HR,  $\pm 0,1\text{pH}$  del agua y conductividad  $\pm 1\mu\text{S/cm}$ , compatibles con la exactitud de los equipos comerciales similares y ajustándose a los requerimientos de diseño previstos.
- En la validación de las comunicaciones por radio frecuencia entre los módulos del sistema se determinó que alcanza distancias de hasta 10 Km sin obstáculos, con una alimentación de 5V, cuyo alcance ideal es de 3 km para mantener línea de vista con el NRA. Las pruebas realizadas con la comunicación por WiFi determinaron que se puede establecer un enlace fiable de hasta 30 m sin embargo luego de esta distancia se respalda la información en la memoria del dispositivo.
- Es un sistema escalable ya que se pueden añadir más sensores analógicos o digitales, pues se dispone de 4 terminales libres. Es un sistema escalable ya que se pueden añadir más sensores analógicos o digitales, pues se dispone de terminales libres.
- La información suministrada por el NRA se almacena en un archivo, el mismo se constituye como la base fundamental en la generación de reportes históricos para la toma de decisiones en pro de cuidar el ecosistema de los lagos y lagunas.

### V. REFERENCIAS

- [1] E. Belmonte, J. Bermúdez, A. Casino, E. Veres, *Un indicador global para la calidad del agua*, 27 Congreso nacional de estadística e investigación operativa, 2003.
- [2] Organización Mundial de la Salud OMS, «Organización mundial de la salud,» 18 07 2017. [En línea]. obtenido de e:  
<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2004/pr67/es/index1.html>.
- [3] A. B. Noboa, «Agua-Saneamiento-Asentamientos Humanos,» Quito, 2015.
- [4] 2. ETAPA EP, «etapa.net.ec,» 2017. [En línea]. obtenido de :  
<http://www.etapa.net.ec/Productos-y-servicios/Gesti%C3%B3n-ambiental/Monitoreo-y->



Vigilancia-de-Recursos-Hidricos-y-Clima/Monitoreo-de-la-Integridad-Ecológica-de-Ríos.

- [5] D. L. Galindo y C. P. Sánchez, *Redes de sensores inalámbricos para monitoreo de parámetros hidrológicos aplicado en lagunas, estanques y plantas de tratamiento de agua*, Cuenca, Azuay: Universidad del Azuay, 2015.
- [6] L. Aosong(Guangzhou) Electronics Co., «[electronlab.co](http://electronlab.co),» 2015. [En línea].Obtenido de: <https://electronlab.co/wp-content/uploads/2015/02/AM2301.pdf>.
- [7] I. Maxim Integrated Products, «[maximintegrated.com](http://maximintegrated.com),» 2015. [En línea]. Obtenido de: <https://www.sparkfun.com/products/245>.
- [8] Law Enforcement Compliance Guide, «[es.aliexpress.com](http://es.aliexpress.com),» 2017. [En línea]. Obtenido de: <https://es.aliexpress.com/item/Liquid-PH-Value-Detection-detect-Sensor-Module-Monitoring-Control-For-arduino-BNC-Electrode-Probe/32785626889.html?spm=a219c.search0306.4.2.LwTtGt>.
- [9] E. Gertz y P. Di Justo, *Environmental Monitoring with Arduino: Building Simple Devices to Collect Data About the World Around Us*, Beijing: O'Reilly Media, 2012.
- [10] DFRobot Electronic Product, «[dfrobot.com](http://dfrobot.com),» 2017. [En línea]. Obtenido de: [https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Turbidity\\_sensor\\_SKU:\\_SEN0189](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Turbidity_sensor_SKU:_SEN0189).
- [11] n. MECHATRONICS, «[naylampmechatronics.com](http://naylampmechatronics.com),» 2017. [En línea]. Obtenido de: [http://www.naylampmechatronics.com/blog/18\\_Tutorial-Módulo-GPS-con-Arduino.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/18_Tutorial-Módulo-GPS-con-Arduino.html).
- [12] A. G. S. GEEETECH, «[geeetech.com](http://geeetech.com),» Julio 2014. [En línea]. Obtenido de: [http://www.geeetech.com/wiki/index.php/Arduino\\_GPRS\\_Shield](http://www.geeetech.com/wiki/index.php/Arduino_GPRS_Shield).
- [13] Impresoras3d.com, «Impresoras 3D,» 2017. [En línea]. Obtenido de: <https://impresoras3d.com/blogs/noticias/122774855-filamento-pla-consejos-caracteristicas-y-mucho-mas>.
- [14] D. International, «[sparkfun.com](http://sparkfun.com),» 12 Septiembre 2008. [En línea]. Obtenido de: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-900-Manual.pdf>.
- [15] Modeltronic.es, «[www.modeltronic.es](http://www.modeltronic.es),» 2017. [En línea]. Obtenido de: [http://www.modeltronic.es/download/FS-T6=fs-i6\\_ESP.pdf](http://www.modeltronic.es/download/FS-T6=fs-i6_ESP.pdf).



**Red Inalámbrica de Sensores Inteligentes con Nodos Robotizados para la Supervisión del Ecosistema y Contaminación del Agua en Lagos y Lagunas**

*Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 120-136. ISSN 1390-9304*

- [16] National Instruments Corporation, «National Instruments,» 2017. [En línea]. Obtenido de: <http://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>.
- [17] Garmin Ltd., «static.garmin.com,» 2017. [En línea]. Obtenido de: [http://static.garmin.com/pumac/Oregon\\_x50\\_Series\\_OM\\_ES.pdf](http://static.garmin.com/pumac/Oregon_x50_Series_OM_ES.pdf).
- [18] Marconi Liliana, Adriana D'Amelio, «deie.mendoza.gov.ar,» 2017. [En línea]. Obtenido de: <http://www.deie.mendoza.gov.ar/aem/material/teoria/MEDIDAS%20DE%20TENDENCIA%20CENTRAL%20Y%20DE%20VARIABILIDAD.pdf>.
- [19] J. Guerra Salazar, *Diseño e implementación de un sistema inalámbrico para el monitoreo en línea del microclima de invernaderos artesanales*, La Habana: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Centro de Investigaciones en Microclima, 2015.