

Redes WNS para el monitoreo de las riberas del río San Pablo en el cantón La Maná

WSN networks for monitoring the banks of the river San Pablo in canton La Maná

Aurelio Camacho¹ , Johnny Xavier Bajaña Zajia¹ , Jonathan Pilaguano² , William Chusin² 

¹Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, La Maná – Ecuador

²Instituto Superior Tecnológico La Maná, La Maná – Ecuador

Correo correspondencia: camachoaurelio@gmail.com, johnny.bajana@utc.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
19/08/2019

Aceptado:
15/10/2019

Publicado:
15/11/2019

Revista:
DATEH

OPEN ACCESS



Resumen

Las redes de sensores inalámbricas (WSN, del inglés Wireless Sensor Networks) están formadas por dispositivos autónomos, distribuidos a lo largo de un área de interés y su fundamento se basa en el monitoreo de parámetros físicos o ambientales tales como temperatura, sonido, vibraciones, presión, movimiento o agentes contaminantes. Es una de las tecnologías clave en la implementación del Internet de las cosas (IoT). Por lo cual, este estudio tuvo como objetivo diseñar el prototipo de un sistema de redes de sensores para el monitoreo en las riberas del río San Pablo en el Sector La Esmeralda del cantón La Maná de la provincia de Cotopaxi, como medio de alerta temprana contra inundaciones; el cual opera de forma autónoma y consta de un sistema de sensores que permite enviar mensajes en texto plano. Para ello se hizo necesario la evaluación de los componentes electrónicos requeridos y las investigaciones previas relacionadas con el tema tratado. Para llevar a cabo el diseño del sistema se seleccionó un sensor de proximidad que a través de señales de ultrasonido le envía información al Gateway 3G que es el encargado previa programación, de controlar los componentes conectados a él. Para la implementación del prototipo se utilizaron valores de caudal los cuales indican el nivel de profundidad. Después de haber realizado previamente una medición de los niveles del caudal que se encuentran dentro de los niveles considerados como “Sin Riesgo” a 100 centímetros de profundidad del río aproximadamente; se determinó este nivel como “Nivel Cero” y “Nivel Cien” a la medida de caudal en la que el río alcance un nivel de 200 centímetros de profundidad que, aunque no se ha comprobado que sea un nivel que provoque inundación en el sector La Esmeralda del cantón La Maná, será el nivel con el que se realizará la investigación.

Palabras clave: Inundaciones, Redes WSN, Gateway 3G, Sensor Ultrasónico

Abstract

Wireless Sensor Networks (WSN) are made up of autonomous devices, distributed throughout an area of interest and their foundation is based on the monitoring of physical or environmental parameters such as temperature, sound, vibrations, pressure, movement or contaminants. It is one of the key technologies in the implementation of the Internet of Things (IoT). Therefore, this study aimed to design the prototype of a sensor network system for monitoring the banks of the San Pablo River in the La Esmeralda Sector of the La Maná canton of the Cotopaxi province, as a means of early warning against floods; which operates autonomously and consists of a sensor system that allows you to send messages in plain text. For this, the evaluation of the required electronic components and the previous investigations related to the subject matter were necessary. To carry out the design of the system, a proximity sensor was selected that, through ultrasound signals, sends information to the 3G Gateway, which is in charge of prior programming to control the components connected to it. For the implementation of the prototype, flow values were used which indicate the depth level. After having previously made a measurement of the flow levels that are within the levels considered as "No Risk" at approximately 100 centimeters of river depth; This level was determined as "Zero Level" and "One Hundred Level" to the measure of flow in which the river reaches a level of 200 centimeters deep which, although it has not been proven that it is a level that causes flooding in the La sector. Esmeralda of the canton La Maná, will be the level with which the investigation will be carried out.

Keywords: Floods, WSN Networks, 3G Gateway, Ultrasonic Sensor

Forma sugerida de citar (APA): López-Rodríguez, C. E., Sotelo-Muñoz, J. K., Muñoz-Venegas, I. J. y López-Aguas, N. F. (2024). Análisis de la multidimensionalidad del brand equity para el sector bancario: un estudio en la generación Z. Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía, 14(27), 9-20. <https://doi.org/10.17163/ret.n27.2024.01>.

INTRODUCCIÓN

Los efectos del cambio climático han sido observados a nivel mundial a través del incremento de la temperatura, la intensidad de las precipitaciones y la frecuencia de los fenómenos atmosféricos, dejando un sin número de inundaciones, sequías, incendios forestales, fuertes vientos, el calor y olas de frío siendo cada vez más evidentes y más inciertos (Acosta, 2013).

Por su parte (Dávila, 2015) plantea que el cambio climático viene exacerbando los impactos de los desastres de origen hidrometeorológico propiciado por el crecimiento desordenado de las ciudades y por los cambios de los patrones climáticos.

Además (Robleto, 2010) expone que en la actualidad, el fenómeno de la variabilidad climática contribuye en gran medida a la formación de eventos hidrometeorológicos extremos, que generan inundaciones en grandes proporciones, y en donde también juegan un papel muy importante la degradación ambiental, el crecimiento urbano desordenado y la falta de personal técnico especializado en el tema, dentro de las instituciones competentes; es de suma necesidad la creación de herramientas que contribuyan a la mitigación y reducción de las pérdidas tanto humanas como económicas producto de los efectos directos provocados por este tipo de fenómenos.

Por otra parte (Domínguez y Lozano, 2014) comentan que las inundaciones son una amenaza constante y constituyen un fenómeno que se desencadena de forma rápida y repentina. Representan una de las amenazas más frecuentes y de mayor gravedad a nivel mundial y anualmente causan miles de muertes y millones de dólares en pérdidas económicas por daños.

Las inundaciones se asocian a precipitaciones extremas y pueden generarse en los ríos, cuyo caudal aumenta debido a la lluvia o la nieve derretida, o ser producto de las fuertes mareas durante las tormentas, o del incremento en el nivel del mar debido al cambio climático.

Así mismo (Domínguez y Lozano, 2014) plantean que los requisitos para establecer un sistema de predicción de inundaciones son contar con un sistema remoto (radar o satélite), un sistema para la detección de las precipitaciones, modelos de predicción hidrológica e indicadores de predicción numérica, así como la capacidad de generar pronósticos confiables.

Un Sistema de Alerta Temprana (SAT) es aquel dispositivo complejo que avisa con antelación de la eventualidad de un acontecimiento natural o humano que pueda causar un desastre, con el objetivo de evitarlo. Desde la terminología de la gestión de riesgos, la dimensión del desastre está en la función de la fuerza del evento natural (o antrópico) y del nivel de vulnerabilidad de la población ante el mismo. El evento en sí no es necesariamente un desastre: un ciclón de la escala más alta en una isla desierta no constituye un desastre porque no existe población vulnerable. Un

terremoto en Japón produce menos víctimas que otro de la misma escala en El Salvador porque el nivel de vulnerabilidad de los japoneses a ese tipo de sucesos es mucho menor (Ocharan, 2007).

El objetivo del SAT es “salvar vidas” así que el cumplimiento de dicho objetivo reflejará si el SAT será sostenible o no. Así lo expone (Dávila, 2015) donde resalta que existen algunos reportes sobre el uso de estos sistemas, por ejemplo, en el 2014, el SAT del municipio de Trinidad (Bolivia) permitió salvaguardar la vida más de mil familias; o en el 2011 en La Paz, a pesar que el mega deslizamiento desapareció 8 barrios, se logró la evacuación total de los pobladores; o en el 2013 en las últimas inundaciones de Río de Janeiro, donde Tersepolis fue el único municipio donde no hubo muertos pues se activó la alarma y la población logró evacuar. De igual manera, (Dávila, 2015) plantea que la tendencia apunta hacia la inclusión de un mayor componente tecnológico para el monitoreo del SAT y al uso de las redes sociales para la difusión y comunicación de la alerta por ejemplo a través de mensajes de texto.

Una red de sensores inalámbricos o Wireless Sensor Network (WSN) se compone de una serie de sensores de diversos tipos distribuidos espacialmente e interconectados por una red de comunicaciones inalámbrica formando nodos, los que monitorizan de forma cooperativa condiciones físicas o ambientales. El concepto anterior lo plantea (Cama et al. 2016) donde además agrega que una WSN por sus características puede ser parte de un Sistema de Alertas Tempranas (SAT), o EWS por sus siglas en inglés Early Warning Systems, quienes tienen componentes esenciales asociados a recopilación de datos, control, detección y reacción ante riesgos en el entorno, siendo la tecnología WSN capaz de ofrecer estos servicios. Por otra parte (Godínez, 2011) realiza una investigación sobre las experiencias del uso de telefonía móvil para llevar a cabo el diseño e implementación de un Sistema de Alerta Temprana ante desborde de ríos utilizando la Red Global Service Mobile (GSM).

La Maná, cantón de la provincia Cotopaxi, ha sido víctima de fenómenos asociados al cambio climático a través de lluvias severas que han causado inundaciones tanto en algunos sectores como el aumento del cauce de ríos, entre otros; los cuales han causado pérdidas materiales y humanas debido a que se desconoce cuándo comienzan a ocurrir estos fenómenos y por ende el no contar de un sistema que permita manejar la información del caudal o nivel de ríos.

Por lo antes planteado, se hace necesario la construcción de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) que mantenga informada a la población del comportamiento del río San Pablo desde sus Cordilleras, razón que justifica este estudio.

MATERIAL Y MÉTODOS

El diseño de un SAT requiere primeramente conocer el fenómeno natural (inundaciones, sismos, ciclones tropicales, incendios forestales, entre otros) o alguno de otra índole creado por el hombre o no (conflictos militares, incendios, entre otros), esto ayuda a identificar los elementos y las relaciones existentes entre ellos: la comunidad, tecnología, adaptaciones al medio, rentabilidad del software, siendo una relación notable de dichos elementos, la generación estadística del proyecto de monitoreo y registro progresivo del caudal del río San Pablo en el Cantón La Maná.

En este contexto se establece como método de investigación la observación científica simple, y dentro de este, como procedimiento: la medición, que ayudara a recoger información acerca de la profundidad del caudal del río, una vez tenido en cuenta esto factor, se elabora un plan de observación donde se precisa como objeto el caudal del río, como magnitudes la profundidad dada en centímetros y como variables a observar la variación de la profundidad del río durante las lluvias, el intervalo de medición es de 10 minutos, el tiempo de duración de la observación será de 90 días y como resultado las representaciones graficas generadas por los valores numéricos registrados en el repositorio del aplicativo que almacenas los datos generados por el sensor.

Además, se precisa conocer el lugar donde se pretende instalar el equipamiento, ya sea electrónico, electromecánico o mecánico que permita la medición de las variables que pondrían en peligro vidas humanas, así como pérdidas materiales. Para ello se utilizan sistemas de manejo de información, comunicación y evacuación para que se logre el objetivo del mismo.

El prototipo de sistema de alerta temprana que se diseña en el presente trabajo se basa en el control del nivel de agua del río, mediante un sistema de sensores que permitirá transmitir información que será tomada como indicadores de alerta. En la tabla N° 1 se pueden apreciar algunos materiales que permiten el funcionamiento automatizado del prototipo objeto de estudio.

Denominación del componente	Cantidad
Sensor Ultrasónico	1
Gateway 3G	
Estructura de soporte del sensor	1
Plan de datos para transmisión de resultados a plataforma web	1
Red Inalámbrica de sensores	de 1

Tabla 1. Materiales que conforman el Prototipo

Funcionamiento de los componentes.

1. **Sensor Ultrasónico:** El Sensor Ultrasónico tiene como función enviar un pulso de sonido de alta frecuencia, luego mide el tiempo que lleva al eco del sonido en reflejar. El sensor tiene dos ranuras en su parte frontal, una permite transmitir ondas ultrasónicas como un pequeño altavoz y la otra las recibe como un pequeño micrófono.

El sensor ultrasónico usa la velocidad del sonido y la diferencia de tiempo entre enviar y recibir el pulso de sonido para establecer la distancia a un objeto. Tomará lecturas en intervalos establecidos e informará los datos nuevamente al portal del software donde se procesa la información para mostrar la distancia y presentar informes a los usuarios. Todos los datos del sensor se almacenan para el análisis histórico dentro del dispositivo que tiene una batería que tiene una carga que permite trabajar al equipo varios años con total independencia.



Figura 1. Sensor Ultrasónico

Gateway 3G: El Gateway 3G se basa en lo último en Protocolos inalámbricos de doble banda CDMA o 3G y vienen integrado con red de punto de acceso inalámbrico (WAN) para usar con todos los sensores inalámbricos.

Entre sus principales características están:

Alcance inalámbrico de más de 1,200 pies.

- Seguridad Encrypt-RF® (intercambio de claves Diffie- Hellman + AES-128 CBC para mensajes de datos del sensor)
- No se requiere PC para la operación
- Paquetes de servicios celulares de bajo costo.
- Fuente de alimentación de CA
- Batería de respaldo opcional de 24 horas en caso de eventual corte de energía
-



Figura 2. Gateway 3G

Estructura Base del Sensor:

estructura de concreto con centro hueco que sirve de base para el sensor, donde se realizara un registro cada 10 minutos del nivel de agua que se encuentre en el interior de la estructura de concreto hueco, además brindara seguridad con respecto a posibles daños causado por animales o perdida de los equipos.

Esta estructura se encuentra en la ribera del rio San Pablo, ubicado a 9 Km del sector La Esperanza ubicado en el cantón La Maná.



Figura 1. Estructura hueca en funcionamiento

Ubicación del Sensor: El sensor está ubicado a 200 metros del puente San Pablo, lugar donde convergen los ríos Pilalo y Chiquiraguas, a una distancia de 8,44 Km de distancia lineal (9 Km recorrido del rio Pilalo aproximadamente) del sector La Esmeralda del cantón La Maná, que, considerando la velocidad de bajada del agua, por tener ésta una gran inclinación, se estima un tiempo de 30 a 45 minutos de llegada, lo que da tiempo suficiente para reaccionar ante una Figura 2. Gateway 3G eventual inundación evitando pérdidas materiales y de vidas humanas.

Ubicación del Gateway 3G: Para la transmisión de los datos obtenidos del sensor hacia el repositorio en la nube se utiliza un Gateway 3G que se conecta a una red celular, donde se puede posteriormente consumir dicha información. Se ubicó a 5 metros de altura para obtener una óptima comunicación con el sensor que se encuentra a unos 300 metros aproximadamente y para mantener una buena señal de la red celular.



Figura 2. Distancia entre el sensor y Sector La Esmeralda



Figura 3. Ubicación del Gateway

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el funcionamiento en condiciones reales de un SAT autónomo se requiere un estudio estadístico sobre el comportamiento meteorológico de la zona deseada. Además, se precisan realizar mediciones en el flujo del río para establecer un valor normalizado que permita de igual manera fijar los niveles de alerta, teniendo en cuenta las velocidades del agua. Así mismo es importante tener en cuenta las condiciones geográficas del lugar para analizar la topografía y los parámetros que pudieran impedir la correcta instalación del equipamiento.

Por otra parte, al ser un sistema autónomo se tendrá en cuenta la observación del mismo durante su funcionamiento para evaluar los desperfectos que puedan ocurrir. Además, se debe tener en cuenta la estabilidad de la fuente energética para que funcionen los equipos, así como el mantenimiento de los mismos.

Antes de la revisión de los datos que se van a mostrar a continuación como resultados de la implementación del proyecto, se debe indicar que dichos datos corresponden a escenarios específicos seleccionados por el autor, donde se puede evidenciar que se está cumpliendo el objetivo de medir el caudal del río San Pablo en tiempo real, y que se puede mediante un aplicativo web alertar de alguna manera a la comunidad que habita en el sector La Esmeralda ubicado en las riberas del río San Pablo ubicado en el Cantón La Maná.

Obviamente debido a que no todos los días llueve en el sector objeto de la investigación, tampoco se van a tener todos los días actividad en cuanto al aumento o disminución del caudal del río, por lo que se han tomado referencias de los registros en días que ha existido presencia de precipitaciones.



Figura 4. Registro de actividades del 1-Abr-2019

Como muestra la figura 8, a continuación, correspondiente al día 01 de abril del 2020, se puede ver como se presenta la curva entre las 06:00 AM y las 10:00 AM, lo que indica que se incrementó el nivel de agua de 100 centímetros que es el punto considerado como límite piso o punto cero, hasta los 122 centímetros de altitud, lo que indica que existió un incremento en el nivel del río San Pablo de 22 centímetros.

La tabla 2, muestra los valores de los registros de los niveles del caudal de río San Pablo obtenido el día 01 de abril, donde presentan las variaciones, desde las 06:35 horas hasta las 09:45 horas mostradas en la figura 4.

No	Date	Value (cm)
1	4/01/2020 9:45	100
2	4/01/2020 9:35	100
3	4/01/2020 9:25	101
4	4/01/2020 9:15	101
5	4/01/2020 9:05	112
6	4/01/2020 8:55	111
7	4/01/2020 8:45	100
8	4/01/2020 8:35	122
9	4/01/2020 8:25	105
10	4/01/2020 8:15	116
11	4/01/2020 8:05	121
12	4/01/2020 7:55	112
13	4/01/2020 7:45	100
14	4/01/2020 7:35	100
15	4/01/2020 7:25	121
16	4/01/2020 7:15	100
17	4/01/2020 7:05	105
18	4/01/2020 6:55	101
19	4/01/2020 6:45	108
20	4/01/2020 6:35	107

Tabla 2. Valores del Registro del 1-Abr-2019

En la figura 6 se puede notar la actividad correspondiente al día 3 de abril del 2020 cuando por resultados de la lluvia el caudal del río muestra nuevamente un comportamiento que evidencia el aumento del caudal del río San Pablo.

Cabe añadir que los sensores están tomando lecturas de medición del caudal del río San Pablo las 24 horas, sin embargo, se ha considerado las lecturas de los días más representativos del último mes.



Figura 5. Registro de actividades del 03-Abr-2019

En la tabla 3, se encuentran los valores correspondientes al registro del día 03 de abril del 2020 observados en la ilustración N° 9, donde presenta la mayor actividad entre las 04:25 y las 07:55.

En la figura 6, correspondiente a los registros del día 09 de abril del 2020 se muestra cómo se repite el comportamiento evidenciado en las figuras anteriores, alcanzando un incremento de hasta 30 centímetros en el caudal del río San Pablo.

No	Date	Value (cm)
1	4/03/2020 7:55	100
2	4/03/2020 7:45	100
3	4/03/2020 7:25	101
4	4/03/2020 7:15	101
5	4/03/2020 7:05	112
6	4/03/2020 6:55	111
7	4/03/2020 6:45	100
8	4/03/2020 6:35	122
9	4/03/2020 6:25	105
10	4/03/2020 6:15	116
11	4/03/2020 6:05	121
12	4/03/2020 5:55	112
13	4/03/2020 5:45	100
14	4/03/2020 5:25	100
15	4/03/2020 5:15	121
16	4/03/2020 5:05	100
17	4/03/2020 4:55	105
18	4/03/2020 4:45	101
19	4/03/2020 4:35	108
20	4/03/2020 4:25	107

Tabla 3. Valores del registro del 03-Abr-2019

Otro factor que se encontró durante la revisión de los datos en el registro, es que el crecimiento del caudal del río San

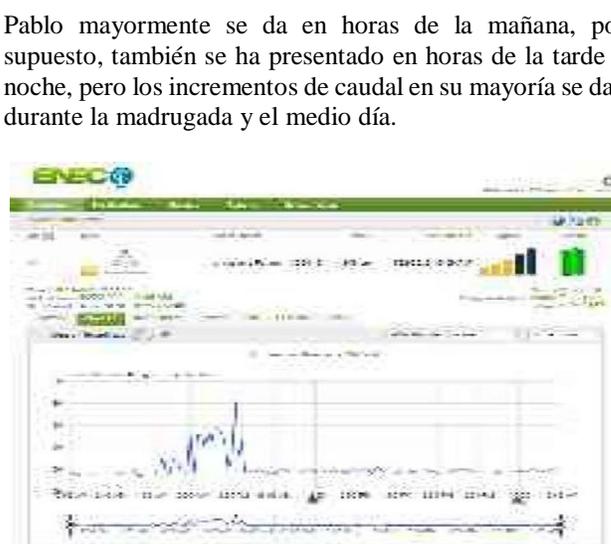


Figura 6. Registro de actividades del 09-Abr-2019

En la siguiente tabla 4, se muestran los valores correspondientes a la figura 7, que muestra los registros de actividad del día 09 de abril del 2020 entre las 05:45 y las 8:55 de la mañana.

No	Date	Value (cm)
1	4/9/2020 8:45	99
2	4/9/2020 8:45	100
3	4/9/2020 8:35	99
4	4/9/2020 8:25	113
5	4/9/2020 8:15	106
6	4/9/2020 8:05	131
7	4/9/2020 7:55	106
8	4/9/2020 7:45	131
9	4/9/2020 7:35	106
10	4/9/2020 7:25	100
11	4/9/2020 7:15	112
12	4/9/2020 7:05	117
13	4/9/2020 6:55	119
14	4/9/2020 6:45	119
15	4/9/2020 6:35	117
16	4/9/2020 6:25	117
17	4/9/2020 6:15	110
18	4/9/2020 6:05	116
19	4/9/2020 5:55	116
20	4/9/2020 5:45	99

Tabla 4. Valores de registro del 09-Abr-2020

En la figura 7 se puede visualizar como la curva se prolonga por más tiempo que en las ilustraciones anteriores,

iniciando a las 02:00 AM y culminando a las 12:00 del mediodía, lo que indica que la creciente del caudal del río duró 10 horas.

En la tabla 5, se muestran los valores correspondientes a la figura 7 donde se puede constatar el periodo de 10 horas de incremento en el caudal del río San Pablo.

Este es el espacio de tiempo más largo registrado en el mes de abril.



Figura 7. Registro de actividades del 15- Abr-2019

No	Date	Value (cm)
1	4/9/2020 8:45	129
2	4/9/2020 8:45	130
3	4/9/2020 8:35	127
4	4/9/2020 8:25	113
5	4/9/2020 8:15	106
6	4/9/2020 8:05	131
7	4/9/2020 7:55	106
8	4/9/2020 7:45	131
9	4/9/2020 7:35	106
10	4/9/2020 7:25	100
11	4/9/2020 7:15	112
12	4/9/2020 7:05	117
13	4/9/2020 6:55	119
14	4/9/2020 6:45	119
15	4/9/2020 6:35	117
16	4/9/2020 6:25	117
17	4/9/2020 6:15	128
18	4/9/2020 6:05	128
19	4/9/2020 5:55	129
20	4/9/2020 5:45	129

Tabla 5. Valores de registro del 15-Abr-2019

En la figura 8 se muestran los registros del día 15 de abril del 2020 donde se vuelve a manifestar una actividad desde las 05:00 de la mañana hasta las 08:00 aproximadamente, evidenciando un incremento y decremento en menos de una hora, lo que evidencia lo cambiante que es el nivel del río San Pablo.



Figura 8. Registro de actividades del 15-Abr-2019

Finalmente se muestra la Tabla 6, con los valores correspondientes a la figura 12, que presenta los picos obtenidos por el sensor y que están registrados en el repositorio web.

No	Date	Value (cm)
1	4/19/2020 8:35	100
2	4/19/2020 8:25	100
3	4/19/2020 8:15	106
4	4/19/2020 8:05	107
5	4/19/2020 7:55	111
6	4/19/2020 7:45	110
7	4/19/2020 7:35	99
8	4/19/2020 7:25	99
9	4/19/2020 7:15	98
10	4/19/2020 7:05	98
11	4/19/2020 6:55	100
12	4/19/2020 6:45	99
13	4/19/2020 6:35	98
14	4/19/2020 6:25	129
15	4/19/2020 6:15	99
16	4/19/2020 6:05	100
17	4/19/2020 5:55	99

Tabla 6. Valores de registro del 19-Abr-2019

Los registros plasmados en las ilustraciones correspondientes al mes de abril presentadas en este documento permiten comprender entre otras cosas que, el incremento del caudal del río San Pablo sí es medible en tiempo real, y con este primer objetivo concluido es posible situar otro sensor en el sector mismo de La Esmeralda para contrastar los resultados actuales del incremento del caudal del río San Pablo con los que se puedan presentar con este nuevo sensor, y de esta manera comparar resultados.

Por otro lado, también es posible manejar estadísticas del comportamiento del río San Pablo y poder en un futuro realizar predicciones acerca los meses en los que el río está apto para ser utilizado como atractivo turístico sin riesgo para los visitantes y habitantes del sector.

Una de las ventajas de la observación científica simple es que permite trabajar con datos provistos desde una plataforma tecnológica que no requiere de mayor intervención por parte del investigador, y que mantiene un repositorio con información lista para el consumo y gestión de resultados de una forma actualizada y pasiva.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos y presentados en el actual documento, se concluye que el modelo de hardware implementado en la ribera del Río San Pablo cumple con el propósito de medir el nivel de caudal del río, y que es funcional para el proyecto de alerta temprana que beneficiara a los habitantes del sector La Esmeralda del cantón La Maná, y demás personas que utilizan el río como atractivo turístico, y que tiene como plan evitar la pérdida bienes materiales y de vidas humanas por desbordamiento e inundación como ha sucedido en años anteriores.

Los resultados demuestran que tanto el incremento como el decremento del nivel del caudal del río es súbito, lo que coincide con el criterio manifestado por los habitantes del sector La Esmeralda, que indican según su experiencia, cuando se ha presentado una inundación en años anteriores, no les ha permitido reaccionar de manera oportuna por la rapidez del aumento del nivel del caudal del río.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M. (2013). Sistemas de Alerta Temprana (S.A. T) para la Reducción del Riesgo de Inundaciones Súbitas y Fenómenos Atmosféricos en el Área Metropolitana de Barranquilla. *Scientia Et Technica*, 18(2), 303-308. Cama, A., Acosta, M., Piñeres, G., Caicedo, J., Ronald, Z., y Sepulveda, J. (2016). Diseño de una red de sensores inalámbricos para la monitorización de inundaciones repentinas en la ciudad de Barranquilla, Colombia. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 24, 581-599.

- Dávila, D. (2015). Sistemas de Alerta Temprana para inundaciones (SAT): Experiencias en América Latina. *Apuntes de Investigación*, 5 (Julio-octubre), 1-13. Díaz, J. (2016). Diodos LED RGB. Retrieved 12 de junio de 2018., 2018, from <http://www.iescamp.es/miArduino/2016/02/11/diodos-led-rgb/>
- Domínguez, E., y Lozano, S. (2014). Estado del arte de los sistemas de alerta temprana en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38(148), 13. doi:10.18257/raccefyn.132
- Ecured. (2018). Protoboard. Retrieved 12 de junio, 2018, from <https://www.ecured.cu/ProtoboardElectroniclab>. (2018). Sensor de flujo de agua. Retrieved 12 de junio, 2018, from <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-flujo-de-agua-g12-1-30lmin/>
- Godínez, R. (2011). Diseño e implementación de un Sistema de Alerta Temprana ante desborde de ríos utilizando la Red GSM. (Ingeniero Electrónico Pregrado), Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Lima, Perú. Hetpro. (2015). Transistor 2N2222 como interruptor con Arduino UNO. Retrieved 12 de junio, 2018, from <https://hetprostore.com/TUTORIALES/transistor-2n2222-interruptor/Ibertronica>. (2018). Kit 40 Cables De Conexión Macho-Hembra 20cm Para Arduino. Retrieved 12 de junio, 2018, from <https://www.ibertronica.es/kit-40-cables-de-conexion-machohembra-20cm-para-Arduino.html> Ocharan, J. (2007). Sistemas de Alerta Temprana. Fotografía actual y retos futuros. Cuadernos internacionales de tecnología para el desarrollo humano, junio, 1-6. Promotec. (2018). Módulo GSM/GPRS: Llamar Y Enviar SMS. Retrieved 12 de junio, 2018, from <https://www.promotec.net/gprslamar-enviar-sms/#>
- Robledo, J. (2010). Metodología para el diseño e implementación de sistemas de alerta temprana ante inundaciones con aplicación Hidrológica E Hidráulica. (Master en Ciencias Posgrado), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.