

# DESARROLLO DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA Y ANUNCIO DE RIESGOS DE INUNDACIONES

**Osorio Gómez Fermín**

Técnico en Ingeniería Eléctrica. Docente Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Centro Regional San Miguel.  
Email: fg.osorio@itca.edu.sv

Recibido: 14/05/2019 - Aceptado: 11/06/2019

## Resumen

En este artículo se presenta una investigación aplicada multidisciplinaria ejecutada por las Escuelas de Ingeniería en Computación, Eléctrica y Civil de ITCA-FEPADE Centro Regional San Miguel. Se indagó sobre las tecnologías emergentes en el mercado tecnológico y se combinaron aquellas que juntas, a pesar de tener usos distintos de forma individual, permitieron el desarrollo de un sistema digital utilizado como herramienta para la detección y el anuncio oportuno de riesgo de inundaciones. Este sistema trabaja de forma independiente, tanto en la autogeneración de energía para su funcionamiento, como en la generación de datos y alertas para su operatividad. Es un sistema integral que permite a las entidades de Protección Civil y Alcaldía Municipal de San Miguel, detectar en tiempo real los riesgos de crecidas del río Grande de San Miguel. El sistema desarrollado y validado, se instaló en el río, convirtiéndose en una herramienta útil para la toma de decisiones. El proyecto llevó al equipo investigador a incursionar en diferentes tecnologías de control de nivel, sistemas de automatización, tecnologías de comunicación remota, tecnología satelital y energía renovable fotovoltaica. Como resultado de la investigación aplicada se creó un sistema integrado que cumple los objetivos planteados, ya que informa sobre la variación de los niveles del río en tiempo real durante las veinticuatro horas del día, sin la necesidad de exponer vidas humanas para acceder a la información; proporciona además mensajes de alertas tempranas a dispositivos móviles. Este sistema puede ser instalado con el mismo propósito en otros ríos.

## Palabras clave

Ingeniería hidráulica, innovaciones tecnológicas, control automático, prevención de daños por inundaciones, previsión tecnológica, energías renovables.

## DEVELOPMENT OF A COMPREHENSIVE SYSTEM FOR EARLY DETECTION AND ANNOUNCEMENT OF FLOOD RISKS

## Abstract

This article presents a multidisciplinary applied research executed by Escuela de Ingeniería en Computación, Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica and Escuela de Ingeniería Civil y Arquitectura of ITCA-FEPADE San Miguel. We investigated about the emerging technologies in the technological market and those ones that, despite of having different individual uses, were combined; allowing the development of a digital system used as a tool for the detection and timely announcement of flood risk. This system works independently, both in the self-generation of energy for its operation, and in the generation of data and alerts for its operation. It is an integral system that allows the entities of Protección Civil and the City Hall of San Miguel to detect in real time the flood risks of Rio Grande de San Miguel. The developed and validated system was installed in the river, becoming a useful tool for decision making. The project led the research team to venture into different level control technologies, automation systems, remote communication technologies, satellite technology and renewable photovoltaic energy. As a result of applied research, an integrated system that meets the stated objectives was created, since because it reports about the variation of river levels in real time during the twenty-four hours of the day, without the need to expose human lives to access information. It also provides early warning messages to mobile devices. This system can be installed with the same purpose in other rivers.

## Keyword

Hydraulic engineering, technological innovations, automatic control, prevention of flood damage, technological foresight, renewable energies.

## Introducción

Pocos lugares sobre la faz de la tierra están exentos de riesgo de inundaciones. El cambio climático ha agravado esta situación, ante la cual El Salvador y su Zona Oriental se han visto vulnerables. El país ha tenido poca preparación para enfrentar con anticipación los problemas que generan las inundaciones. Los sistemas de alerta temprana comunitarios y estaciones telemétricas que se han estado utilizando, requieren de alguna actualización tecnológica y otros ponen en riesgo a los responsables de operarlos. El presente artículo contiene información concerniente al proyecto de investigación llevado a cabo por docentes con la colaboración de los estudiantes de las carreras técnicas de Ingeniería Eléctrica, Sistemas Informáticos y Civil del Centro Regional de San Miguel. El proyecto se enfocó en la búsqueda y el uso de tecnología para elaborar un sistema autónomo digital que permite monitorear en tiempo real el estado del nivel de agua del río Grande de San Miguel, ante los problemas históricos de inundaciones y falta de prevención oportuna.

El objetivo de la investigación fue crear un sistema autónomo alimentado con energía fotovoltaica, que envía información todos los días a una base de datos, registra todo evento extraordinario que se presente y, que al alcanzar el nivel del río los umbrales predeterminados como alertas o puntos de amenaza, emite información oportuna en el instante mismo a dispositivos móviles con acceso a datos telefónicos previamente establecidos, sin ser necesaria la intervención humana.

## Desarrollo

La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE desarrolló este sistema digital que trabaja de forma autónoma, inteligente, automatizada y programada.

Como resultado de la investigación, se identificó en el mercado tecnológico diferentes dispositivos, entre ellos un sensor de nivel y una estación remota tipo CWT5111 GPRS RTU. Para la autonomía energética se optó por la solar fotovoltaica. La combinación de estas tecnologías permitió construir el sistema deseado.

En la búsqueda de sensores se descartaron aquellos no diseñados para soportar la intemperie, el paso de agua contaminada y químicos y las inclemencias de la naturaleza, tanto en invierno como verano. Se descartaron sensores de electro nivel para cisternas, sensores ultrasónicos y otros con comunicación Arduino, que no alcanzaron las exigencias en calidad y excelencia esperada en el sistema. Finalmente se

decidió utilizar un sensor GLT 500, el cual es un pequeño sensor de nivel de agua que tiene la estructura y aplicaciones especiales con alta precisión, estabilidad, resistencia a la abrasión, al aceite, al ácido y al álcali. Este dispositivo es fabricado en acero inoxidable, tiene una extensión o sonda flexible sumergible, a prueba de explosión. Se usa individualmente para realizar mediciones a grandes profundidades, control de aguas residuales y control hidráulico en ríos y mares. Es capaz de medir líquidos lodosos y con una precisión en segundos y exactitud en milímetros.

El sensor se combinó con una estación remota, CWT5111 RTU Data Logger. Este dispositivo se usa para recibir y transmitir señales del sensor hacia dispositivos electrónicos remotos que tenga registrados. Entre las características de este equipo, la más relevante para el proyecto, es que contiene una ARM industrial de 32 bits altamente integrada dentro del módulo celular, que soporta comunicación SMS y que puede establecer parámetros para cada canal en la colección de señales o alarmas.



Figura 1. GLT500 Sensor de nivel.



Figura 2. CWT5111 Data Logger GPRS RTU.

Para lograr la autonomía en el suministro de energía al sistema se optó por un kit compuesto de un panel solar, una batería de almacenamiento de carga ciclo profundo, un inversor y un controlador de carga.

Se realizaron obras previas, como el armado de la estructura y base para protección y resguardo de la sonda y el sensor. Se armó la estructura de soporte para la estación fotovoltaica y el gabinete de resguardo de los equipos electrónicos de control. Cada elemento cuidadosamente seleccionado, cumpliendo las normativas de calidad y estándares de seguridad.

Se realizó la programación de la estación remota RTU y se hicieron pruebas de funcionamiento y comunicación entre la estación y el teléfono celular en un ambiente simulado y controlado; se observó el proceso de registro de las variaciones de nivel de agua que realiza el sensor. También se procedió a observar la información que el sistema registra en la base de datos en la nube.

Se realizaron visitas periódicas al río para determinar los umbrales que serían puntos de alerta y para observar después de cada precipitación lluviosa experimentada durante la época invernal del año 2017 y 2018. Se llevaron registros de cómo afectan las crecidas del río a las comunidades aledañas y cómo la continuidad de una corriente o permanencia de un caudal hídrico, llega a presentar inundaciones aguas abajo del punto de investigación. Esto sirvió para registrar los umbrales de las diferentes emergencias que reportaría el sistema.

Con las respectivas pruebas y sondeos de funcionamiento experimental en el ambiente simulado, se logró comprobar lo exitoso del sistema, el cual de forma oportuna registraba las variaciones del nivel de agua y enviaba la información a los dispositivos móviles o teléfonos celulares programados para tal efecto. Las demostraciones fueron realizadas ante las autoridades de Protección Civil del Municipio de San Miguel, ante autoridades del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Alcaldía Municipal de San Miguel.

Realizadas las pruebas y validado el sistema, se procedió al ensamblaje y montaje en la base y en el Puente Urbina del río Grande de San Miguel, en los puntos previamente definidos. Una vez instalado todo el sistema, se hicieron nuevamente todas las pruebas, siendo validadas por las autoridades respectivas.

Posteriormente se hizo la coordinación para la entrega y administración del proyecto a la Alcaldía Municipal y autoridades de Protección Civil de San Miguel.



Figura 3. Vista panorámica, estación hidrométrica, instalada, con su fuente solar fotovoltaica.



Figura 4. Inauguración de proyecto y entrega oficial en convenio con Alcaldía Municipal de San Miguel.

## Resultados

Diseño e implementación de un sistema integral compuesto de hardware y software, utilizado para la detección temprana y alerta de inundaciones, instalado en el Puente Urbina de San Miguel.

- El sistema integral fue comprobado y validado por las instituciones gubernamentales asociadas al proyecto.
- Se utilizaron tecnologías emergentes con las condiciones de calidad y seguridad requeridas para el diseño digital inteligente e implementación del proyecto.
- Se construyó una fuente fotovoltaica para la autonomía energética de la estación hidrométrica.
- Se determinaron los umbrales y puntos de posibles alertas de inundación, así como la red de comunicación de los actores de protección civil involucrados.

## Conclusiones

- ▶ La integración de las tecnologías emergentes es la alternativa más viable y funcional para el desarrollo de un sistema inteligente de anuncio temprano y oportuno de alertas contra inundaciones.
- ▶ El novedoso e inteligente sistema de alertas tempranas que se ha desarrollado, es una herramienta útil para que las autoridades correspondientes tomen decisiones correctas a la hora de emitir una alerta temprana contra inundaciones.
- ▶ La investigación concluyó con un prototipo comprobado y validado por las autoridades del MARN y Protección Civil, como una herramienta para el monitoreo y control del estado del río.
- ▶ Es factible técnica y económicamente replicar el sistema creado en otros ríos del país.

## Recomendaciones

- ✓ Para garantizar el funcionamiento y la durabilidad del sistema, es necesario monitorear al menos una vez cada tres meses la alimentación eléctrica del panel solar a las baterías para garantizar su vida útil.

- ✓ Monitorear una vez cada tres meses el gabinete de resguardo de los equipos electrónicos para prevenir el acceso a insectos que puedan anidar y dañar los dispositivos.
- ✓ Monitorear constantemente el sistema en la web y los dispositivos móviles conectados para tener las alertas inmediatas y verificar el historial y estado de los niveles del río.
- ✓ Si se desea lograr un control pleno en todos los puntos críticos del río Grande de San Miguel, el proyecto puede ser técnica y económicamente factible replicarlo.

## Referencias

- [1] H. M. Domínguez y F. Sáez Vacas, Domótica: un enfoque sociotécnico. Madrid: E.T.S.I. de Telecomunicaciones, 2006.
- [2] Chow Ven Te, D. R. Maidment y L. W. Mays, Hidrología aplicada. Santafé de Bogotá, Colombia : McGraw-Hill, 1994.
- [3] F. J. Cembranos Nistal, Automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos: instalaciones y mantenimiento electromecánico de maquinaria y conducción de líneas. Madrid: International Thomson, 2008.