

AUTORES

Javier Díaz, jdiaz@linti.unlp.edu.ar
Agustín Candia, acandia@linti.unlp.edu.ar
Jorge Bellavita, jbellavita@linti.unlp.edu.ar
Laura Fava, lfava@linti.unlp.edu.ar
Vanessa Aybar, vaybar@linti.unlp.edu.ar
Emanuel Borda, emanuelborda@gmail.com
Matías Pagano, mpagano@linti.unlp.edu.ar

LINTI

Laboratorio de Investigación en Nuevas Tecnologías Informáticas

Facultad de Informática

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Calle 50 esq. 120, 2do Piso. Tel: +54 221 4223528

Sistemas inteligentes para la gestión sostenible del recurso hídrico

RESUMEN

La gestión sostenible de acuíferos costeros constituye un desafío creciente en regiones sometidas a explotación intensiva, donde la intrusión salina y la sobreexplotación comprometen la disponibilidad futura del recurso. En muchos casos, los prestadores locales carecen de información en tiempo real que permita una toma de decisiones basada en evidencia. En este contexto, el presente trabajo propone un enfoque basado en sistemas inteligentes distribuidos que integran tecnologías de Internet de las Cosas (IoT), redes de comunicación de bajo consumo, procesamiento en el borde (Edge Computing) y modelos de analítica avanzada para su gestión.

Se plantean tres ejes: monitoreo en tiempo real con sensores, digitalización y mantenimiento predictivo mediante IA y visión por computadora, y trazabilidad del agua con blockchain. Estas líneas conforman una arquitectura tecnológica orientada a mejorar la eficiencia operativa, la transparencia y la sostenibilidad en la gestión del recurso hídrico.

Palabras Claves: Internet de las Cosas (IoT), LoRaWAN, smart-water, Inteligencia Artificial, Edge-computing, Blockchain, recurso hídrico.

CONTEXTO

El Laboratorio de Investigación de Nuevas Tecnologías Informáticas LINTI de la Facultad de Informática, desarrolla desde hace más de una década proyectos relacionados con Internet de las Cosas en Smart Cities. Estas actividades se encuentran enmarcadas en el proyecto de I+D Tecnologías Digitales para la Inclusión, la Equidad y la Sostenibilidad, acreditado en el marco del Programa de Incentivos, bajo la dirección del Lic. Javier Díaz.

En los últimos años se desarrollaron soluciones IoT para monitoreo ambiental, balizamiento portuario, suministro inteligente de agua y predicción de enfermedades, consolidando experiencia en redes distribuidas y plataformas reales. Sobre esa base, este trabajo presenta avances en gestión hídrica, incluyendo monitoreo IoT, analítica avanzada y trazabilidad criptográfica.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

Las líneas de investigación, desarrollo e innovación presentadas en este trabajo se orientan al diseño e implementación de soluciones tecnológicas para la gestión inteligente del recurso hídrico, considerando tres verticales principales: (i) monitoreo inteligente de acuíferos y sistemas de extracción de agua potable, (ii) digitalización inteligente de medición y monitoreo predictivo de infraestructura mediante técnicas de inteligencia artificial, y (iii) trazabilidad criptográfica de la producción y consumo de agua potable mediante blockchain.

A partir de la integración de tecnologías IoT, infraestructuras de comunicación de bajo consumo y técnicas de Inteligencia Artificial y de trazabilidad criptográfica, se propone avanzar en los siguientes ejes de I+D+I:

- Análisis de nuevas tecnologías para la actualización del despliegue de las redes IoT distribuidas para el monitoreo en tiempo real.
- Comparación de tecnologías de monitoreo hidrogeológico entre data loggers convencionales y sensores de bajo costo con transmisión remota. Análisis de correlación entre distintos dispositivos de medición.
- Análisis de datos hidrogeológicos para detección temprana de procesos de salinización. Evaluación de patrones asociados a sobreexplotación.
- Desarrollo e integración de modelos de visión por computadora para la digitalización automática de medidores mecánicos existentes y para detección de fallas.
- Diseño e implementación de módulos criptográficos embebidos en medidores inteligentes para garantizar autenticidad, integridad y no repudio del dato desde su origen.

RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

Los resultados obtenidos hasta el momento se vinculan con la primera línea de investigación, orientada al desarrollo y validación de la infraestructura IoT para la adquisición confiable de datos en campo. Esta fase permitió consolidar la arquitectura de captura, transmisión, almacenamiento de la información y análisis estadístico convencional de los datos, estableciendo la base tecnológica necesaria para las etapas subsiguientes.

En el marco de la validación de la infraestructura IoT desarrollada, se implementó un esquema de doble monitoreo en perforaciones seleccionadas, con el objetivo de comparar el desempeño de sensores de bajo costo con comunicación inalámbrica frente a dataloggers convencionales utilizados en estudios hidrogeológicos de campo [11]. Ambos sistemas fueron instalados en paralelo en las mismas perforaciones, permitiendo registrar simultáneamente niveles freáticos y conductividad eléctrica.

En este marco, se incorporaron macromedidores de caudal (Fig. 1) en puntos estratégicos del sistema, específicamente para medir la producción total de agua en la planta potabilizadora y el caudal a la salida del acueducto principal que abastece a la ciudad.



FIG 1. MACROMEDIDOR EN PLANTA

Esta ampliación permitió comenzar a registrar métricas de producción y distribución a escala real, habilitando análisis agregados en distintos horizontes temporales (semanal, mensual, estacional y comparativo interanual)

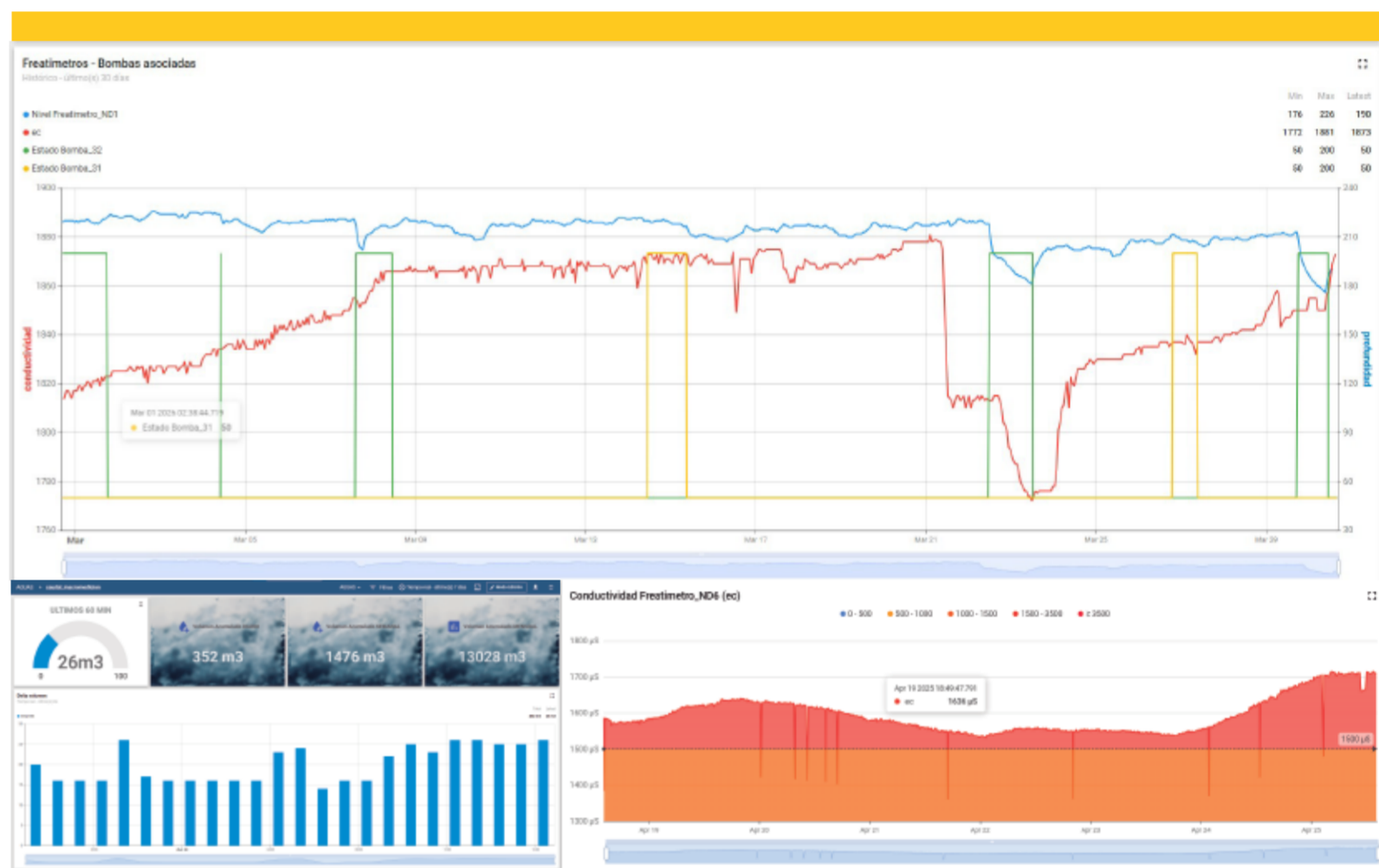


FIG 2. PLATAFORMA DE MONITOREO: PRODUCCIÓN DE AGUA, SALINIDAD DEL AGUA Y CORRELACION_BOMBEO_NIVEL_SALINIDAD

Los resultados evidencian una alta concordancia entre ambos sistemas de registro en la evolución de los niveles y la conductividad, reflejando de manera consistente los efectos del régimen de bombeo. Desde el punto de vista operativo, la disponibilidad de datos en tiempo real constituye un aporte significativo para la gestión del recurso, ya que permite identificar situaciones de riesgo y adoptar acciones correctivas de manera oportuna.

En relación con los resultados esperados, se plantea:

- Consolidar la integración de tecnologías IoT y redes LoRaWAN en entornos operativos reales.
- Realizar junto a especialistas del tema hidrogeológico análisis de datos para detección de patrones y situaciones anómalas en la planta potabilizadora [10].
- Desarrollar modelos predictivos y sistemas de alerta temprana basados en Inteligencia Artificial.
- Desarrollar modelos de visión por computadora optimizados para ejecución en dispositivos edge orientados a la lectura automática de medidores de agua.
- Contar con las medidas de producción y consumo de agua firmadas criptográficamente para fortalecer la integridad y confiabilidad del dato.

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS Y PROYECTOS CONJUNTOS

El equipo de trabajo de las líneas de I+D+i presentada en este artículo se encuentra formado por docentes investigadores categorizados del LINTI y alumnos avanzados de la Licenciatura en Informática, Licenciatura en Sistemas e Ingeniería en Computación perteneciente a la Facultad de Informática y a la Facultad de Ingeniería. Asimismo se está trabajando con investigadores de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP) y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

En relación a las tesinas de grado vinculadas con estas líneas de investigación, se está dirigiendo una tesina de grado donde participan dos estudiantes y dos PPS.