

# DIGITALIZACIÓN Y MONITORIZACIÓN INTELIGENTE DE INFRAESTRUCTURAS DE REGADÍO MEDIANTE PLATAFORMAS IoT

Benjamín Bentura<sup>1</sup>, Miguel Angel Barcelona<sup>2</sup>, José Ignacio Águila<sup>1</sup>, David Díez<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>NEXIO INGENIERIA 2024, Zaragoza, España, bbentura@nexioingenieria.com  
<sup>2</sup>INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ARAGON, Zaragoza, España, ddiez@ita.es

## Resumen

La gestión de infraestructuras de regadío plantea desafíos crecientes derivados de la escasez de recursos hídricos, la necesidad de mejorar la eficiencia productiva y la creciente complejidad operativa de las redes de distribución. En este contexto, la digitalización basada en tecnologías IoT (Internet of Things) e inteligencia artificial emerge como una solución clave para mejorar la monitorización y optimización del riego agrícola.

Este trabajo presenta el desarrollo de una plataforma AIoT orientada a la gestión inteligente de instalaciones de riego presurizado, centrada en la integración de sensórica distribuida, sistemas de comunicación y herramientas analíticas avanzadas. La solución se valida mediante la implementación de pilotos en distintos niveles del sistema de regadío: gestión global de comunidades, redes secundarias y explotaciones agrícolas individuales.

Los resultados obtenidos muestran el potencial de estas tecnologías para mejorar la eficiencia hídrica, optimizar la operación de infraestructuras y habilitar nuevos modelos de gestión basados en datos.

**Palabras Clave:** IoT, regadío inteligente, AIoT, agricultura de precisión

## 1 Introducción

La agricultura de regadío representa uno de los principales consumidores de recursos hídricos a nivel global. En España, más del 50% de la superficie cultivable cuenta con sistemas de riego, lo que evidencia la importancia estratégica de este sector.

Las infraestructuras de riego actuales presentan limitaciones derivadas de:

- Falta de monitorización en tiempo real
- Escasa integración entre sistemas
- Dificultad para optimizar el uso del agua

En este contexto, la digitalización mediante tecnologías IoT e IA permite habilitar nuevas capacidades de gestión basadas en datos, alineadas con objetivos de sostenibilidad y eficiencia.

El objetivo de este trabajo es presentar una solución basada en una plataforma AIoT orientada a la creación de gemelos digitales de infraestructuras de riego, validada mediante pilotos en diferentes niveles operativos.

## **2 Arquitectura de la plataforma AIoT**

La solución desarrollada se basa en una arquitectura modular compuesta por tres capas principales:

### **2.1 Capa física (Edge IoT)**

Incluye sensores y actuadores distribuidos en campo, responsables de la captura de variables clave:

- Caudales y presiones
- Estado de válvulas e hidrantes
- Variables agronómicas (humedad del suelo)
- Parámetros operativos de la red

Estos dispositivos se integran en nodos edge y gateways que permiten la comunicación con la plataforma central

### **2.2 Capa de comunicaciones**

La plataforma utiliza arquitecturas de comunicación inalámbrica adaptadas al entorno rural, permitiendo la transmisión de datos desde campo hacia sistemas en la nube de forma eficiente y escalable.

### **2.3 Backend y capa analítica**

La capa backend se basa en:

- Sistemas de almacenamiento masivo (data lake)
- Plataformas de visualización (dashboards)
- Algoritmos de análisis y predicción

Entre sus funcionalidades destacan:

- Monitorización en tiempo real
- Generación de alertas
- Análisis histórico
- Integración con sistemas externos

### **2.4 Concepto de gemelo digital**

La plataforma permite crear un modelo digital de la infraestructura de riego, en el que se integran:

- Elementos físicos (red, válvulas, parcelas)

- Datos operativos en tiempo real
- Modelos analíticos

Este enfoque facilita la gestión integrada y la toma de decisiones basada en datos.

### **3 Implementación de pilotos**

El proyecto contempla la validación mediante casos piloto en distintos niveles de gestión, con el objetivo de evaluar la aplicabilidad de la solución en escenarios reales.

#### **3.1 Piloto 1: gestión de comunidad de regantes (nivel macro)**

Este piloto se orienta a la digitalización de infraestructuras a gran escala, típicamente gestionadas por comunidades de regantes, como en el entorno de Bardenas.

El foco principal es:

- Monitorización de redes principales
- Control de distribución de agua
- Registro de consumos y trazabilidad

El valor aportado radica en disponer de una visión global del sistema, permitiendo:

- Optimizar la asignación de recursos
- Detectar ineficiencias en la red
- Mejorar la planificación operativa

#### **3.2 Piloto 2: comunidad de base y agricultor (nivel meso/micro)**

En este caso, la plataforma se aplica a nivel de red secundaria y explotación agrícola.

Las funcionalidades incluyen:

- Monitorización de parcelas
- Control de riego en tiempo real
- Gestión de programas de riego

Esto permite avanzar hacia modelos de agricultura de precisión, mejorando la eficiencia en el uso del agua y aumentando la productividad de los cultivos.

#### **3.3 Piloto 3: integración en modernización de regadíos**

El tercer caso corresponde a la aplicación de la plataforma en proyectos de modernización de infraestructuras.

En este contexto, la digitalización se integra desde la fase de diseño, permitiendo:

- Definir arquitecturas sensorizadas desde origen
- Incorporar sistemas de control inteligente
- Planificar el mantenimiento basado en datos

Este enfoque facilita la transición hacia infraestructuras “nativamente digitales”.

#### **4 Modelos analíticos y toma de decisiones**

La plataforma incorpora capacidades analíticas que permiten transformar datos en conocimiento operativo.

Entre las principales funcionalidades destacan:

- Generación de indicadores de uso del agua
- Análisis de patrones de consumo
- Sistemas de alerta ante anomalías
- Predicción de necesidades hídricas

Estas capacidades constituyen la base para la futura integración de técnicas avanzadas de inteligencia artificial orientadas a la optimización del riego.

#### **5 Resultados e impacto**

La implementación de la plataforma AIoT permite obtener beneficios en distintos niveles:

##### **5.1 Eficiencia hídrica**

- Reducción del consumo innecesario
- Ajuste preciso del riego a necesidades reales

##### **5.2 Optimización operativa**

- Mejora en la gestión de infraestructuras
- Reducción de pérdidas y fugas

##### **5.3 Productividad agrícola**

- Mejora del rendimiento de cultivos
- Optimización de inputs agronómicos

##### **5.4 Sostenibilidad**

- Uso racional de recursos hídricos
- Reducción de la huella ambiental

## **6 Discusión**

Los resultados muestran que la digitalización del regadío mediante plataformas AIoT permite abordar de manera efectiva los retos actuales del sector.

Sin embargo, existen desafíos relevantes:

- Necesidad de inversión inicial
- Brecha digital en entornos rurales
- Interoperabilidad entre sistemas

A pesar de ello, la escalabilidad de la solución y su capacidad de adaptación a distintos contextos la convierten en una herramienta clave para la modernización del sector agrícola.

## **7 Conclusiones**

La implementación de plataformas IoT en infraestructuras de regadío permite evolucionar hacia modelos de gestión inteligentes basados en datos.

Las principales conclusiones son:

- La arquitectura AIoT permite integrar sensores, datos y control en una única plataforma
- El enfoque basado en gemelo digital mejora la gestión de infraestructuras
- La validación en pilotos reales demuestra la viabilidad del sistema
- La digitalización permite mejorar la eficiencia hídrica y la productividad

Este trabajo evidencia el potencial de estas tecnologías como habilitadores clave de la agricultura sostenible.