

GUÍA 2: INTEGRACIÓN DE SENSORES IoT Y AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Enfoque: Digitalización del agro, eficiencia productiva y sostenibilidad tecnológica

I. OBJETIVO

Proporcionar lineamientos para la implementación estratégica de tecnologías de sensores inteligentes e Internet de las Cosas (IoT) en el campo, con el fin de optimizar el uso de recursos, mejorar la toma de decisiones y aumentar la productividad en sistemas agrícolas y agroalimentarios.

II. FUNDAMENTO TEÓRICO Y CIENTÍFICO

- **Agricultura de Precisión (AP):** Consiste en la aplicación específica y localizada de insumos, basada en variabilidad espacial y temporal de los cultivos.
- **IoT en agro:** Los sensores recolectan datos en tiempo real sobre humedad, temperatura, pH, fertilidad del suelo, entre otros, y los transmiten para análisis en plataformas integradas.

Referencias clave:

- Wolfert, S. et al. (2017). *Big Data in Smart Farming – A review*. Agricultural Systems. DOI: 10.1016/j.agsy.2017.01.023
- Liakos, K.G. et al. (2018). *Machine Learning in Agriculture: A Review*. Sensors. DOI: 10.3390/s18082674

III. ÁMBITO DE APLICACIÓN

- **Sectores:** Agricultura intensiva, producción de alimentos funcionales, horticultura de precisión, ganadería conectada, biofábricas.
- **Escenarios ideales:** Parcelas tecnificadas, zonas con acceso a conectividad o redes LoRa/5G, centros de transformación alimentaria.
- **Aplicación en sistemas:** Riego automatizado, monitoreo de plagas, seguimiento de variables climáticas, gestión de nutrientes.

IV. COMPONENTES TECNOLÓGICOS CLAVE

Componente	Función
Sensores de humedad	Control de riego y estrés hídrico
Sensores de temperatura y luz	Monitoreo ambiental para invernaderos o cultivos sensibles
Estaciones meteorológicas IoT	Datos agroclimáticos en tiempo real
Drones y sensores multiespectrales	Diagnóstico de vigor, enfermedades, índices NDVI
Plataformas en la nube	Visualización de datos, alertas, automatización
Gateways LoRa o 5G	Transmisión de datos en áreas rurales sin conectividad tradicional

V. PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Etapas 1: Evaluación del Terreno y Necesidades

- Identificar zonas críticas (baja productividad, exceso de riego, estrés térmico).
- Priorizar variables a medir según cultivo, clima y objetivos comerciales.

Etapas 2: Diseño del Sistema IoT

- Selección de sensores según estándar IP y compatibilidad.
- Definición de red de comunicación: WiFi, LoRa, NB-IoT, 5G.
- Integración con plataformas de gestión agrícola (Farm Management Systems).

Etapas 3: Instalación y Calibración

- Configuración inicial de sensores, estaciones y controladores.
- Calibración con técnicos de campo o proveedores certificados.
- Ensayo con datos piloto durante un ciclo productivo.

Etapas 4: Interpretación de Datos y Automatización

- Generación de dashboards personalizados.
- Programación de alertas (riego, enfermedades, condiciones límite).
- Automatización de riego/fertirriego o cosechas robotizadas, si aplica.

VI. INDICADORES DE ÉXITO

- Reducción del uso de agua (%).
- Incremento en el rendimiento por hectárea (%).
- Reducción del uso de fertilizantes (%/ha).
- Mejora en uniformidad del cultivo (coeficiente de variación).
- Número de decisiones optimizadas por campaña (índice de intervención precisa).

VII. ENLACES Y RECURSOS ÚTILES

- SmartAgriHubs EU: <https://www.smartagrihubs.eu>
- AgGateway (normas de interoperabilidad): <https://www.aggateway.org>
- FAO Digital Agriculture: <https://www.fao.org/digital-agriculture>
- Guía de sensores para agricultura: <https://www.mdpi.com/journal/sensors>

VIII. RECOMENDACIONES PARA APLICACIÓN LOCAL

- Usar soluciones modulares y de código abierto (ej. Arduino, ESP32) en zonas rurales.
- Formar brigadas tecnológicas locales para instalación y mantenimiento.
- Considerar el uso de energía solar para sensores en campo.