

B-09

## DESARROLLO DE NUEVAS SOLUCIONES DIGITALES PARA CLIENTES EN EL ÁMBITO DE LAS WATER AGENCIES

*Fernández Manzano M<sup>1</sup>, Tato Muriel, J<sup>2</sup>.*

<sup>1</sup> Environment Digital Solutions Manager, Adasa Sistemas S.A.U.,  
mfernandez@adasasistemas.com

<sup>2</sup> Delegado Nacional de Administraciones Públicas del Agua, Adasa Sistemas S.A.U.,  
jtato@adasasistemas.com

### Resumen

En escenarios en los que la escasez de agua y la necesidad de optimización energética cobran vital importancia, las soluciones tecnológicas se presentan como herramienta que proporciona conocimiento y asiste a la explotación del recurso de forma eficiente e inteligente. Los avances tecnológicos permiten el desarrollo de soluciones basadas en software y hardware abierto, lo que redunda en soluciones de alta competitividad, flexibles y de bajo coste.

### Abstract

In a lack of water and special needs for power optimization stages, technological solutions are presented as tools witch provide knowledgement and attends resource operation in an efficient and intelligent way. Technological advances allows the development of solutions based in open hardware and software, what leads in high competitiveness, flexible and cost effective solutions.

### 1- Introducción. Objetivo del trabajo

En un entorno digital dominado por tecnologías Smart, la evolución lógica de las redes de control hídrico se separan del concepto atraído por sistemas de monitorización basados en redes óptimas de control, para converger hacia soluciones dirigidas a la obtención de series masivas de datos que permitan una modelización más exhaustiva de una cuenca o sistema de explotación.

La evolución de procesadores SoC (System on Chip) y la rápida proliferación de soluciones open hardware hacen que las redes de control y sensorización, sea cual sea su ámbito, sean proclives a una evolución en este sentido.

La propuesta descrita en este trabajo trata de proporcionar una visión de una cuenca o sistema de explotación como un sistema smart, susceptible de ser englobado en lo que podría denominarse “Smartbasin” o “Smart-irrigation”

Para el desarrollo de estos trabajos se emplean dispositivos open hardware de dos tipos: basados en chips MCU (microcontroladores) y CPU (microcomputadores), lo que permite un amplio abanico de soluciones de menor a mayor potencia, entre las cuales se encuentran soluciones de muy bajo consumo con posibilidad de alimentarse mediante pilas.

Un ámbito clave, en una capa superior a la de sensorización y transmisión de datos, es la plataforma de centralización y presentación de datos, la cual es de suma importancia

para el usuario, ya que será la herramienta en la que se apoye para la explotación de su sistema. Para el desarrollo del núcleo del sistema y del aplicativo de visualización y explotación de los datos, se apuesta por soluciones basadas en la nube (Cloud).

## 2- Descripción del tema y del proceso de ejecución del Trabajo

En sistemas de regadío la optimización del uso del recurso y la optimización del consumo energético, sumado a una mayor eficiencia del cultivo, son los puntos clave para la mejora de la efectividad del cultivo en todo su proceso. En relación a las entidades de suministro de recursos, la optimización del consumo energético redundará en un ahorro económico, que revertirá de forma directa en el mantenimiento y mejora de sus sistemas de distribución. Por su parte, un regante tiene otro tipo de necesidades, sobre todo la eficiencia del uso del recurso en relación a la efectividad del cultivo.

Smart Irrigation o Riego Inteligente es un concepto que aparece para dar respuesta a la necesidad de aumentar la eficiencia hídrica y energética, para conseguir adaptarse a los efectos del cambio climático, que provocará el aumento de los periodos de sequía con la consiguiente disminución de la disponibilidad del agua para su aplicación a la agricultura, y los aumentos de las tarifas eléctricas que implican una inmediata pérdida de rentabilidad.

La aplicación del modelo IoT (Internet of Things) a la hidrología, más concretamente al regadío inteligente, junto a soluciones Cloud permiten realizar una gestión óptima del riego, y como consecuencia, un aumento en la eficiencia de la utilización de los recursos.

Uno de los principales aspectos innovadores que aporta un Regadío Inteligente es una gestión transversal del riego basada en diferentes herramientas integradas que permiten el conocimiento real de la situación de los cultivos, previsión de las necesidades del recurso hídrico, pronóstico del tiempo, gestión óptima del esquema hidráulico, previsión de las tarifas de energía eléctrica, etc. Por ello, es importante tener claro el esquema del ciclo de flujo de datos desde que se capta hasta que se pone a disposición de los usuarios.

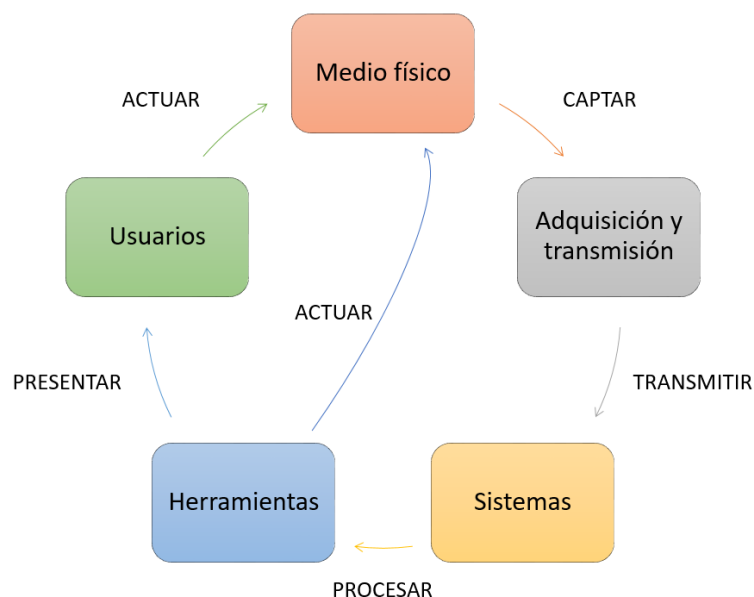


Figura 1. Diagrama del flujo de información

De este modo se pueden definir tres capacidades principales de un sistema de Riego Inteligente.

## 2.1- Monitorización y adquisición de datos

En lo referente a adquisición de datos se consideran tanto fuentes externas al sistema (datos de predicción climática, modelos de suelo, variabilidad de precios de energía eléctrica, fotografías multi/hiperespectrales y otros datos de agencias externas), así como fuentes internas, datos provenientes de sensores y subsistemas incluidos en el sistema de Riego Inteligente (meteorología, consumos de agua, fertilizantes, abonos, energía, imágenes, y cualquier dato que pueda ser adquirido en campo)

La adquisición de datos externos está fundamentada en el intercambio conveniado de información con agencias externas, descarga de datos gratuitos disponibles en la web o bien captura de datos publicados en páginas web. Estas tareas se realizan desde el núcleo del sistema, bien sea implantado en servidores propios o bien sea en forma de servicios en la nube (servicios Cloud). La integración de dichos datos será más compleja cuanto mayor sea la cantidad y heterogeneidad de datos a adquirir, en este sentido el desarrollo del núcleo debe adaptarse de forma dinámica a los datos que se vaya a incorporar o se incorporen en el futuro, por tanto el desarrollo del núcleo es continuo.

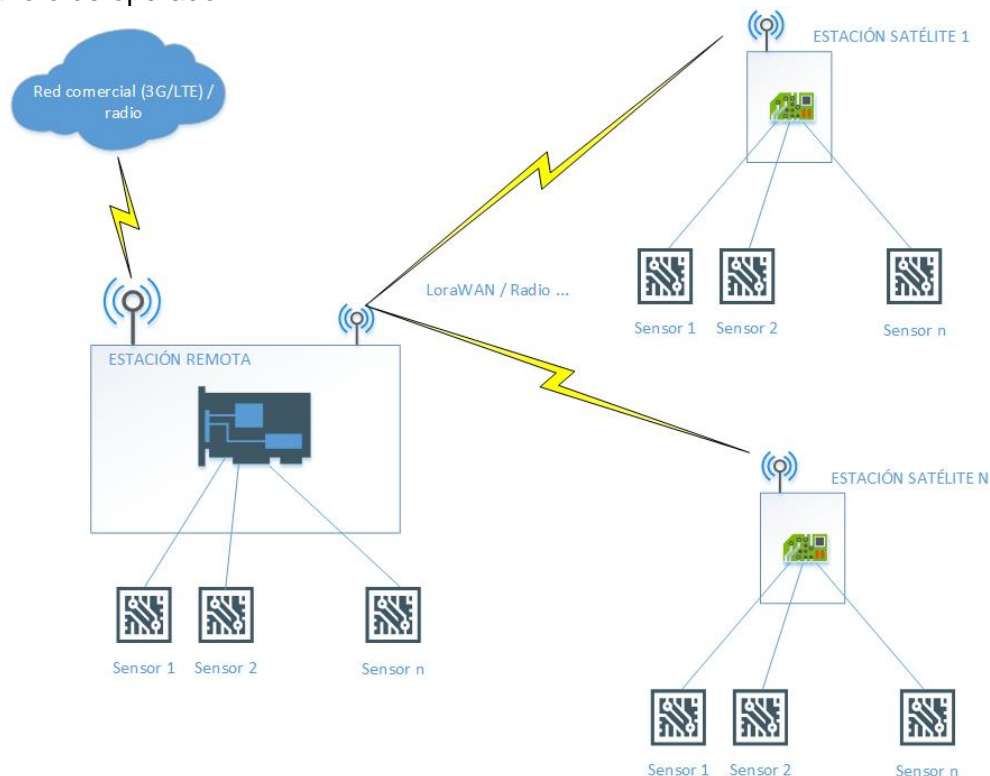
La adquisición de datos internos está básicamente centrada en datos adquiridos en campo, y es donde la filosofía IoT adquiere mayor importancia.

Una filosofía IoT aplicada a soluciones de Riego Inteligente empleando equipamiento de bajo coste permiten el despliegue de redes concentradas de adquisición de datos. Este aspecto no solo es interesantes para las entidades gestoras de redes de regadío, sino para el propio regante, puesto que posibilita la adquisición de todas las medidas relevantes a la hora de determinar los parámetros que permitan optimizar un cultivo para hacerlo más eficiente.

Con este esquema de despliegue se propone disponer de estaciones remotas que centralicen la medida en los puntos de concentración de datos, como son tomas, grupos de compuerta, acequias, puntos de medida en tuberías, o incluso hidrante. Las estaciones remotas pueden incorporar directamente la medida de los sensores o bien disponer de estaciones satélite que incorporarán los sensores necesarios y estas transmitirían los datos a las estaciones remotas, que serían considerados nodos de concentración, de este modo se dispondría de una red distribuida de sensores que funcionarían de forma completamente autónoma y de forma inalámbrica.

El desarrollo de las estaciones remotas se basa en soluciones open hardware, cuya ventaja principal es su popularidad en el mercado de consumo, su capacidad para integrar sistemas operativos y por tanto programación en diversos y potentes lenguajes de programación y su bajo consumo eléctrico. Por su parte, las estaciones satélite también se basan en soluciones open hardware pero del tipo microcontrolador, cuya capacidad de cómputo es notablemente más reducida, pero su consumo también es menor. La posibilidad de alimentar a las estaciones con sistemas autónomos solares hace que las soluciones sean más flexibles en su implantación.

La transmisión de los datos es realizada por cualquier sistema disponible, bien sea propietario o de operador.



**Figura 2.** Esquema de sistema de monitorización

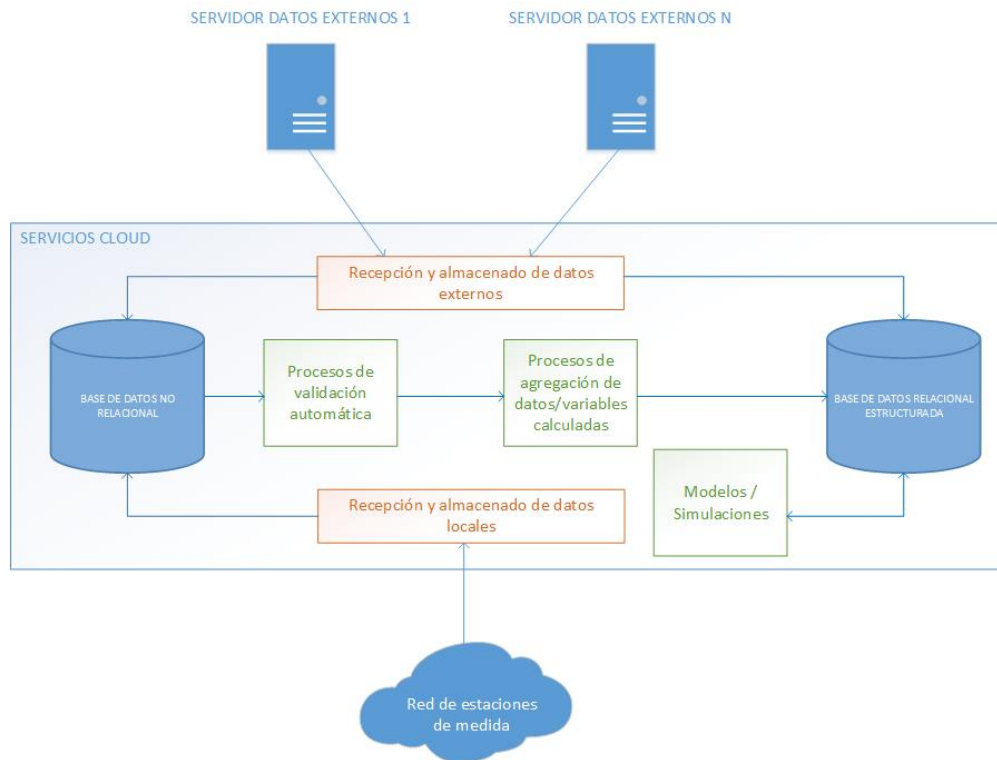
## 2.2- Procesamiento de los datos

Los datos son almacenados localmente de forma temporal en las estaciones remotas, sin embargo, la transmisión de datos en tiempo cuasi real es de vital importancia para integrarlos en el sistema y que todo el conjunto pueda ser orquestado de forma óptima y permitir la toma de decisiones en el post procesado.

En primera instancia los datos son recibidos y almacenados en bruto en la base de datos central, con ellos el resto de datos de entidades externas cuando existan.

Los datos recibidos son validados automáticamente por procesos de validación automática, los que se encargarán de descartar datos en base a las consignas predefinidas por cada tipo de parámetro medido.

En el ámbito de procesamiento de datos se encuentra el análisis de los datos que permitan ejecutar modelos matemáticos para la simulación de situaciones sobre las que se desee controlar los aspectos del regadío, lo que pone a disposición herramientas potentes para la predicción de necesidades del recurso en el momento adecuado empleando la menor cantidad de energía posible, incluso optimizando la dosificación de fertilizantes y abonos, lo que redundará en una mejora de la productividad del cultivo.



**Figura 3.** Esquema de procesamiento en cloud

El ámbito del procesamiento de datos está por tanto estrechamente relacionado con la toma de decisiones.

Esto es así desde un punto de vista clásico. Sin embargo, siempre que las redes de comunicación lo permitan, es de sumo interés la aplicación del concepto computación GRID o computación distribuida para permitir un procesamiento distribuido de la información, esto es que cada estación remota, puesto que dispone de una CPU con capacidad para cálculos complejos con alta eficiencia gracias a su GPU multicore, es capaz por sí sola de realizar los cálculos necesarios para la realización automática de las optimizaciones necesarias en la zona que controla.

La computación GRID es una técnica de computación de datos heterogéneos de forma distribuida por diversos equipos por puntos geográficamente dispersos, que no están determinados por un control centralizado, sino que se realizan de forma completamente independiente con los datos de los que dispone. Este aspecto es de interés cuando se trata de celdas aisladas o la arquitectura de la red es tan compleja que se requiere una gran cantidad de capacidad de proceso por parte del núcleo.

### 2.3- Representación de la información

Para que la presentación de la información sea útil, es fundamental un procesado adecuado de los datos, ya que la visualización de los datos debe estar depurada y ser de la máxima calidad posible, y esto es conseguido en la fase explicada anteriormente con los mecanismos de procesamiento y almacenado de datos representados en la **Figura 3**.

Los sistemas de información deben ser claros, concisos y disponer de la información necesaria para la correcta explotación de un sistema. Cuando la toma de decisiones depende de los usuarios, debe estar dotado de las herramientas precisas para el manejo de

los datos, tales como generación de informes, presentación de sinópticos, presentación y envío de alertas de paso de umbrales, tanto de los datos adquiridos en tiempo real como de los modelos de predicción cuando están presentes.

Las soluciones basadas en Cloud permiten el desarrollo de los aplicativos basados en web, por lo que son compatibles con cualquier dispositivo, bien sea un smartphone, una Tablet o un PC sea cual sea su sistema operativo, lo que hace que al usuario le sea más cómodo trabajar en el entorno, y pueda realizarlo cualquier usuario con mínimos conocimientos informáticos.

## 2.4- Factores a considerar para la implementación de un sistema de Riego Inteligente

Para la consecución de un sistema para Riego Inteligente deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

**Necesidad de un riego automatizado:** la clave para la agricultura de precisión es evitar el desperdicio de agua y mejorar la calidad de los cultivos:

- Determinando los niveles de humedad de suelo con precisión
- Efectuando el riego en los momentos óptimos
- Minimizando las pérdidas y aumentando la eficacia

**Arquitectura del sistema de riego basado en soluciones IoT:** con la utilización de soluciones Open Hardware del tipo SoC (System On Chip) para la adquisición de datos en tiempo real, su procesamiento y transmisión. Incluso, como se ha expuesto, permitir computación distribuida aprovechando las capacidades de cálculo de los dispositivos.

**Redes de comunicación de baja potencia y área amplia (LPWAN)** diseñadas específicamente para dispositivos de bajo consumo eléctrico. Este tipo de redes de comunicación permiten incluso el envío de datos a relativamente largas distancias (10 – 15 Km) permitiendo, bajo premisas especiales de diseño, que la estación remota funcione con alimentación a pilas, a su vez con un bajo coste operativo.

**Instalación de sensores inteligentes** en lugares concretos para la medición más importante de los cultivos: fundamentalmente humedad de suelo y temperatura.

**Incorporación de información meteorológica** a través de fuentes externas

**Incorporación de sensores para la supervisión de la red de riego** para detectar fugas y roturas en tiempo real, monitorización de consumos y telemando de válvulas o compuertas.

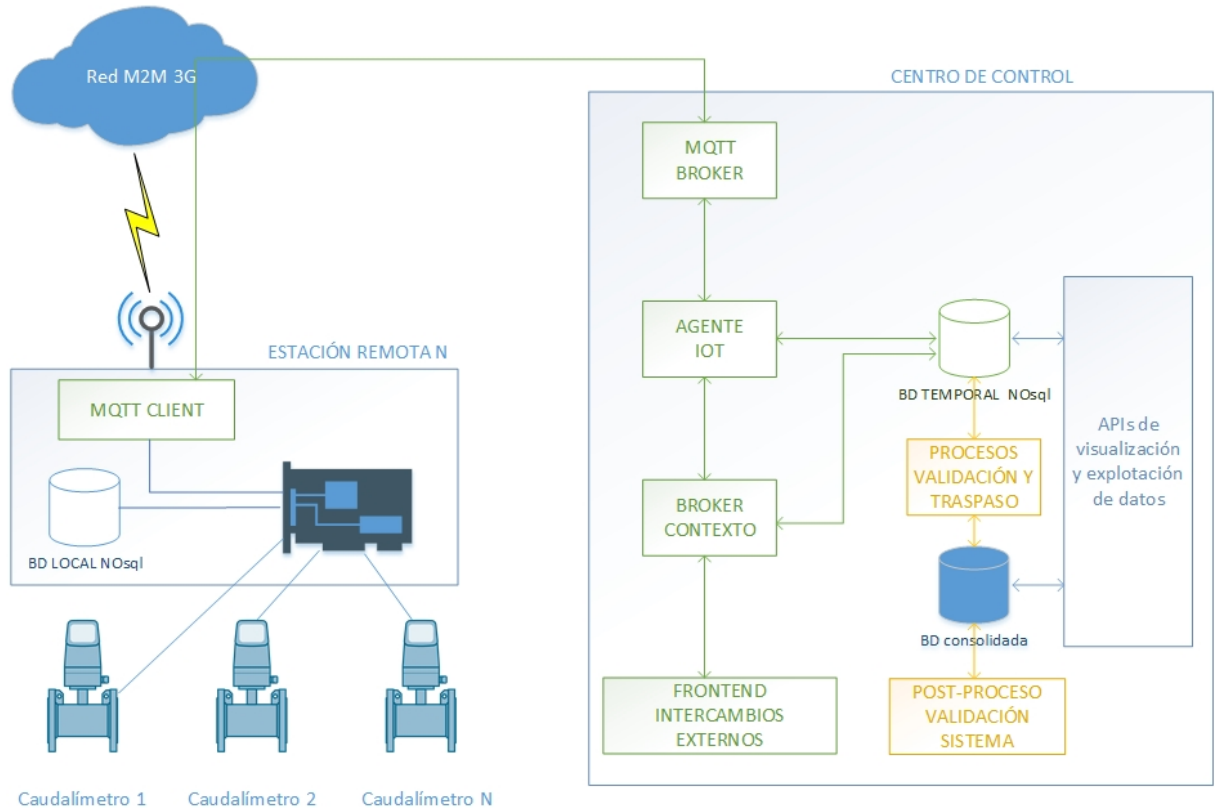
**Relación sostenida de la relación coste-beneficio**, con la implementación de remotas, sensores, equipos y servicios cloud.

Adopción de **soluciones innovadoras** basadas en tecnologías Smart, Open Hardware y Software y entorno cloud.

## 2.5- Ejemplo de implementación

Se han implementado con éxito diversas soluciones relacionadas con el ámbito de las Smart Water en su más amplio sentido. Una de las soluciones relacionadas con el regadío está centrada en una red de tomas directas de río, en las que se están tomando medidas del caudal consumido, entre otros parámetros, que se encuentra integrada en un sistema de gestión de recursos hídricos ya existente y en explotación.

La implementación de la estación remota es sencilla, está basada en una solución SoC con procesador ARM de 4 núcleos con un sistema operativo Linux y software desarrollado en C y Python, que dispone de puertos de entradas/salidas y puertos de comunicación serie con diversos protocolos.



**Figura 4.** Implementación de la estación remota y centro de control para monitorización de red de regadío

El software está cargado en una tarjeta SD, por lo que en cualquiera de los aspectos su mantenimiento es eficaz en coste y en tiempo, ya que ante cualquier avería es posible la sustitución de cualquier componente de la estación remota adquiriéndolo en el mercado de consumo, y cargando la imagen de la estación en la tarjeta SD.

En este caso, los servidores del núcleo no están albergados en la nube sino que son físicos en las dependencias del usuario, ya que disponen de ellos y de espacio y capacidad de proceso para esta solución, sin embargo, en caso de no disponer de hardware apropiado, esta implementación es posible desarrollarla como servicio cloud.

La estación remota es la encargada de realizar la lectura del volumen acumulado por los caudalímetros y resto de datos, que se almacenan en una base de datos local, que permitiría tanto la explotación de datos, como cálculo de variables agregadas, aplicación de modelos, etc, así como recuperación de datos históricos en caso de pérdida de comunicación.

La transmisión del dato se realiza mediante el protocolo MQTT al bróker MQTT albergado en el centro de control, y siguiendo un esquema habitual en arquitecturas de

software abiertas basadas en cloud, se almacenan los datos en una base de datos no relacional temporal, desde donde se pueden visualizar los datos en tiempo real, y que tras procesos de validación automática y procesos de traspaso periódicos, pasaría a la base de datos de tablas consolidadas para la integración total de los datos en el sistema de explotación existente. Los agentes IoT y bróker de contexto permiten compartir datos externos al sistema e integrarlos en un mismo volumen de datos para ser explotados de forma conjunta por modelos predictivos.

La ventaja de emplear protocolos MQTT es que los datagramas a transmitir son muy compactos y por tanto el volumen de datos a transmitir es pequeño, lo que da lugar al empleo de sistemas de comunicación de bajo volumen y bajo coste como M2M, NB-iot, LoraWAN, Sigfox, etc.

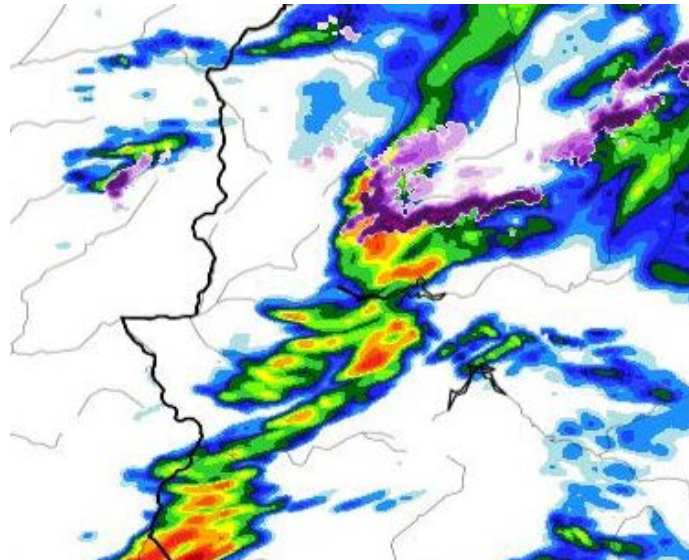
La presentación de los datos está basada en web, y en este caso no solo está centralizada en el núcleo del sistema, sino que en cada punto de medida existe un punto de acceso wifi que permite acceder a los datos mediante una aplicación vía web.

Las aplicaciones de visualización de datos permite además integración de datos de servicios de predicción meteorológica, imágenes de cámaras de observación o vigilancia, etc.



Figura 5. Presentación de datos adquiridos en campo





**Figura 6.** Integración de datos de predicción meteorológica. Modelo Arome 0.01º

Adicionalmente los datos están incorporados en un sistema de gestión de datos ya existente en el centro de control, por lo que se aprovechan las aplicaciones ya implantadas, así como el sistema Business Intelligence para la explotación de los datos.

Adicionalmente son aprovechables las APIs ya implantadas en el sistema con anterioridad para la difusión de datos, como envío automático de informes, envío de mensajes de difusión en canales de Telegram privados, o públicos, si se considerase necesario, y la monitorización de la calidad del dato mediante sistemas de análisis automático de datos, que emiten alertas cuando se superan umbrales o ante comportamientos anormales de series de datos.

En la parte centro de control, el proyecto ha sido desarrollado mediante contenedores en un sistema operativo Linux, los cuales permiten en primer lugar la optimización de los recursos hardware de la máquina donde se encuentran instalados, y además permiten la exportación de las soluciones desarrolladas a otros servidores o migración a servicios cloud con un esfuerzo menor.

### 3- Conclusiones

Para las necesidades de los sistemas de riego modernos, la aplicación de las tecnologías IoT de bajo coste suponen un gran beneficio tanto para la conservación del recurso hidráulico como para la optimización del consumo energético y la mejora de la eficiencia del cultivo. La monitorización de diversos parámetros puede ayudar al explotador a tomar decisiones sobre el medio físico y su forma de aplicar el riego y los productos para el cultivo. La posibilidad de dotar a las estaciones remotas de inteligencia (machine learning – inteligencia artificial), permite tomar decisiones de forma autónoma sobre la distribución del agua y su aplicación en el campo, por lo que se abre el abanico de posibilidades.

Los servicios cloud a su vez permiten el desarrollo de complejos núcleos de almacenamiento y procesado de datos y su visualización, lo que permite que el usuario esté permanentemente informado desde cualquier parte y en cualquier momento.

Los beneficios que aportan estas soluciones para perfiles tanto de entidades de distribución del recurso hidráulico como para el propio explotador de cultivos redundan



directamente en la mejora y optimización de la aplicación de los recursos energéticos e hídricos, lo que incide directamente en la optimización de la inversión económica.