

La digitalización inteligente del regadío: gemelos digitales

Introducción

El incremento de la demanda de alimentos como consecuencia del aumento de la población mundial en más de 6000 millones de persona desde mitad del siglo XX ha tenido una importante repercusión en el sector agrícola. La necesidad de satisfacer la demanda de alimentos de una población creciente ha impulsado una evolución constante de los sistemas de producción agrícola hasta llegar a la agricultura digital, conocida como agricultura 4.0. El avance tecnológico no cesa, integrando tecnologías de última generación como el análisis de datos, la inteligencia artificial, el aprendizaje automatizado y el Internet de las cosas (IoT), es decir la agricultura 5.0, cuya finalidad es proporcionar una gestión inteligente de los sistemas agrarios que optimice la producción y que haga de la agricultura una actividad rentable generando impactos mínimos en el medio natural.

El desarrollo de la agricultura 5.0 en el sector está condicionada en gran parte por sus costes de implantación (dispositivos de captación de datos, redes de comunicación, software, servidores, principalmente), así como por la formación adecuada de los usuarios. Para facilitar su implantación, concretamente en la agricultura de regadío, la administración pública subvenciona a las comunidades de regantes proyectos que contribuyan a transitar hacia una agricultura digital, precisa, inteligente, y sostenible que optimice los procesos de producción, en el marco del Plan de recuperación, Transformación y Resiliencia, mediante el llamado PERTE del regadío (<https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/pertes/per-te-subvenciones-digitalizacion-del-regadio.html>) del año 2023.

En el caso de la agricultura de regadío, el grado de digitalización de una explotación puede variar desde el control del riego mediante un programador sobre el que se actúe bien de forma manual o mediante un dispositivo móvil, hasta sistemas inteligentes de gestión del riego que analicen la información recogida y proporcionen

recomendaciones de riego de precisión (cuánto, cuándo y durante cuánto tiempo regar) basadas en información objetiva (análisis e interpretación de los datos recogidos por sensores cercanos y remotos), pudiendo incluso actuar de forma automática sobre el sistema de riego.

En este último grupo de sistemas digitales se encuadran los llamados gemelos digitales, sistemas de soporte a la decisión de última generación y que se describen a continuación.

Gemelos digitales

Se trata de una réplica digital de un elemento o un sistema real, conectado a la realidad física mediante la red de sensores de monitorización de su estado/comportamiento en tiempo real. Los gemelos digitales se desarrollaron inicialmente en el sector industrial pero el nivel actual de digitalización de la agricultura permite su implementación en el sector agrícola. Además, la aplicación de los gemelos digitales a condiciones dinámicas como son las propias de los procesos agrícolas supone una dificultad añadida.

Así la réplica virtual del objeto real (por ejemplo, el sistema de riego por aspersión de una finca de maíz en una determinada ubicación geográfica, con un suelo con ciertas características), reproduce su comportamiento ante diversos escenarios de disponibilidad de agua, de funcionamiento con diferentes presiones a la entrada del sistema, tiempos de riegos diferentes o velocidades del viento cambiantes, por citar algunas posibilidades. Con la ayuda de un gemelo digital, el gestor del sistema podría simular su respuesta ante las situaciones indicadas sin necesidad de que ocurran en la realidad, evitando costes innecesarios y permitiendo tomar decisiones justificadas por información objetiva.

De forma simplificada la arquitectura de un gemelo digital (Figura 1) viene definida por:

- La realidad física: el objeto o sistema que se desea virtualizar, por ejemplo, un sistema de riego por goteo para olivar superintensivo.

- El elemento digital, definido por el marco o entorno de trabajo en la que crear, operar y visualizar el gemelo (por ejemplo, Advanta de Siemens, Eclipse Ditto, sistemas de información geográfica); por los modelos matemáticos que reproducen el comportamiento del objeto real (tales como los modelos hidráulicos de la red de riego o el de desarrollo del cultivo), algoritmos de análisis de datos, de aprendizaje automatizado, modelos predictivos basados en Inteligencia artificial (IA), entre otros.
- Conexiones entre la realidad y el elemento digital. La red de sensores locales instalados en la realidad física para registrar y transmitir, en tiempo real, los valores de las variables que condicionan su comportamiento (tales como caudalímetros, estaciones agroclimáticas). Esta información local se completa con la obtenida mediante sensores remotos (drones y satélites) que con frecuencia temporal diversa informan de la variabilidad espacial del comportamiento del sistema a virtualizar. La transmisión de la información al elemento digital se basa en el concepto de Internet de las cosas (IoT) que utiliza sistemas de comunicación inalámbrica, como Lorawan, Sigfox, GSM. Así mismo el elemento virtual puede actuar sobre el sistema real enviando las órdenes oportunas al o los dispositivos que controlan su funcionamiento (por ejemplo, una electroválvula) mediante el mismo sistema de comunicación.



Figura 1. Concepto de gemelo digital

Definida la arquitectura básica de un gemelo digital es fácil entender su funcionamiento: el sistema de sensores (locales y remotos) transmite información en un cierto instante de tiempo al elemento digital que reproduce el comportamiento del objeto real, analiza los resultados obtenidos con las herramientas matemáticas disponibles y proporciona al usuario bien diversas alternativas de operación, o bien el propio gemelo digital actúa sobre el objeto real, si así se ha programado. Este proceso permite analizar a la respuesta del objeto real, gracias a la información que proporcionan los sensores, ante situaciones hipotéticas sin necesidad de que ocurran en la realidad

Gemelos digitales en el sector del regadío

En la actualidad ya existen diversos gemelos digitales aplicables al sector del regadío cuya finalidad es facilitar la gestión óptima de los recursos hídricos dedicados al regadío. Así en la Universidad de Córdoba se ha desarrollado un gemelo digital de sistemas de riego a presión, GesRig adaptable a máquinas de riego, goteo y aspersión fija. Se trata de un plugin del sistema de información geográfica QGIS en el que se crea el gemelo digital del sistema de riego, que simulará su comportamiento para el cultivo implantado (herbáceo o leñoso) ante distintos escenarios de operación, permitiendo múltiples opciones de análisis de la información, así como la integración de modelos predictivos (Figura 2).

El instituto de investigación y tecnología de Cataluña, IRTA, ha desarrollado la plataforma Irridesk para generar gemelos digitales de parcelas con cultivos de regadío tanto herbáceos como leñosos basado en la modelización del cultivo.

En la actualidad, la Universidad de Córdoba y el IRTA participan en el proyecto europeo Smart Green Water de la convocatoria Sudoe para fomentar la implementación de gemelos digitales en fincas comerciales de regadío en España, Portugal y Francia.

El proyecto Aplicación de los gemelos digitales a explotaciones de regadío más sostenibles, GEDIER, que desarrollan investigadores de las universidades de Córdoba y Málaga, integra en un gemelo digital los modelos que simulan el comportamiento de los componentes de una explotación de regadío (sistema de riego, cultivo, suelo,

clima, labores del cultivo, etc...), en el entorno de creación y aplicación de gemelos digitales de código abierto OpenTwins desarrollado en la Universidad de Málaga.

Potencial de los gemelos digitales en la gestión del agua de riego

Los gemelos digitales, gracias sus sistemas de monitorización (cercano y remoto), registran y procesan gran cantidad de datos de forma continua, por lo que necesitan herramientas de análisis que proporcionen información relevante para el técnico o agricultor en su toma diaria de decisiones.

Las herramientas de análisis y explotación de la información que un gemelo digital va a ir recogiendo desde su entrada en funcionamiento son diversas. Pueden incorporar herramientas de aprendizaje automatizado para tomar las decisiones de riego de forma autónoma sin la intervención del gestor del sistema. Otra alternativa son los modelos predictivos de necesidades de riego o de demanda del sistema de riego, a distintas escalas temporales, basados en el análisis de los registros históricos de las variables relacionadas con las necesidades de riego el cultivo/uso del agua registradas en el sistema de monitorización.

Con estas herramientas, los gemelos pueden ayudar a los agricultores a usar eficientemente el agua a lo largo de la campaña de riego en función de su disponibilidad de agua, adaptándose a las condiciones ambientales cambiantes e incluso pueden incorporar otros factores que condicionan el uso de agua como son los factores que afectan a la demanda de energía.

Siguiendo la línea de desarrollo de gemelos digitales apuntada en el proyecto GEDIER, los gemelos digitales de los próximos años serán cada vez más complejos, integrando los componentes y procesos reales de una explotación agrícola/comunidad de regantes (desde el cultivo, suelo, riego, cosecha, plagas, enfermedades, mercados, etc..), para que el gestor tenga el control integral de la explotación. Uno de los retos más importante de estas herramientas de última generación, es que el usuario pueda obtener el máximo beneficio del nivel actual de conocimiento en el sector agroalimentario sin necesidad de ser un experto, gracias a aplicaciones informáticas intuitivas que faciliten su aplicación. ▲

Pilar Montesinos Barrios

Emilio Camacho Poyatos

Catedráticos de la Universidad de Córdoba y miembros de AERYD

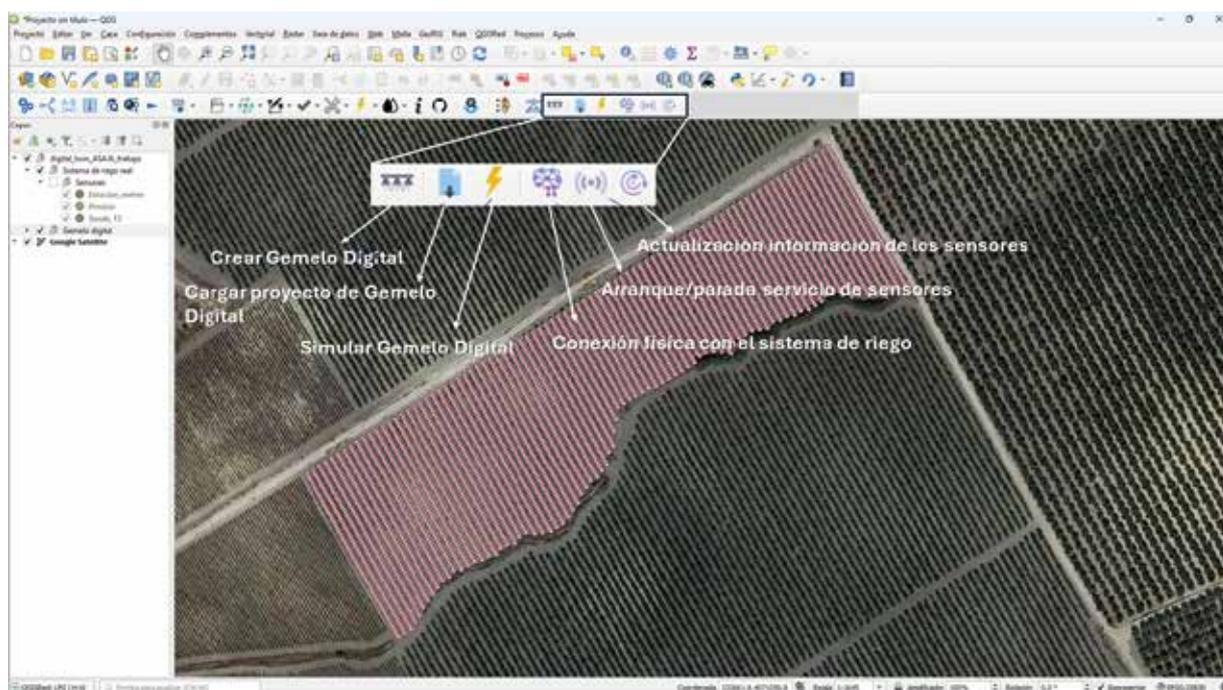


Figura 2. Entorno de generación y aplicación de gemelos digitales *GesRig*