

CONTROL AUTOMATITZAT DEL REG I LA FERTIRRIGACIÓ, a través de la interoperabilitat entre sistemes facilitada per l'IoT

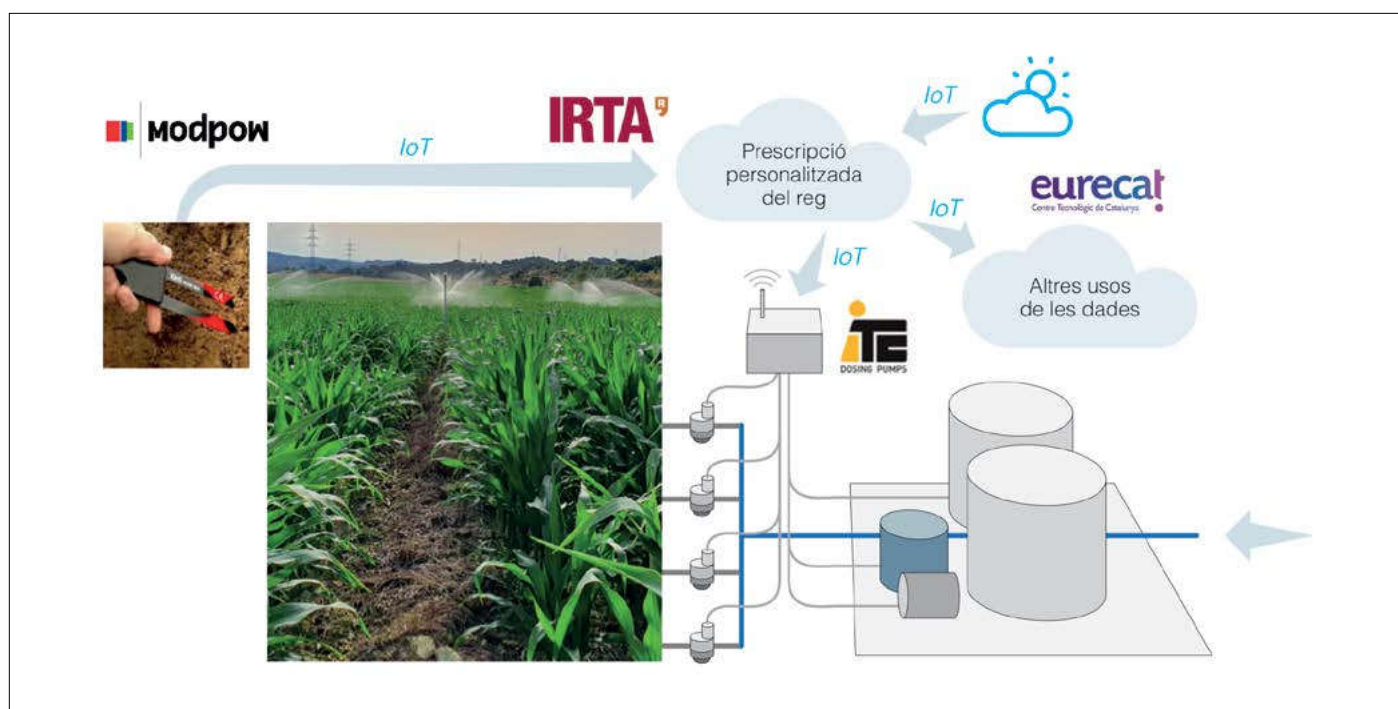


Figura 1. Esquema d'interconnexió entre sistemes per a l'execució de reg i fertirrigació. Font: elaboració pròpia.

01. Introducció

La gran majoria de parcel·les amb reg pressuritzat estan equipades amb un programador de reg. És un aparell, sovint connectat a Internet, que coordina el comandament de vàlvules i altres components de la instal·lació de reg, per tal d'executar els programes de reg i de fertirrigació. El repte per als regants és preparar els programes de reg i anar-los actualitzant al llarg de la campanya segons la meteorologia, el creixement dels cultius, l'estat d'humitat del sòl, etc. A això, hi poden ajudar altres tecnologies digitals, com són els sensors d'humitat del sòl i les eines de recomanació de reg. La situació ideal seria que aques-

tes tecnologies s'entenguessin entre elles per tal de, entre totes, fer més fàcil i precisa la programació dels regs. Ara bé, aquesta no és la situació habitual, ja que per a cadascuna de les tecnologies pot haver-hi diferents proveïdors al mercat que no siguin compatibles. Així doncs, tenim l'oportunitat d'aplicar, de manera coordinada, una combinació de tecnologies per dur a terme un reg de precisió, però la posada en pràctica s'enfronta a la dificultat d'intercanviar les dades entre aplicacions que s'han desenvolupat i posat al mercat per separat. Ens trobem davant d'un problema d'interoperabilitat entre sistemes. Més enllà de l'agricultura, aquests proble-

mes i dispositius es donen en qual-sevol àmbit. El paradigma de l'Internet de les coses (IoT, de l'anglès *Internet of Things*) planteja el desplegament d'una gran quantitat de dispositius, que siguin identificables i que puguin comunicar-se entre ells a través dels protocols habituals d'Internet. Per això, l'IoT posa molt d'èmfasi en aspectes d'interoperabilitat. En aquest context, dins del projecte Internet dels conreus extensius (IoECrops) es va abordar un cas d'estudi d'interoperabilitat entre els principals dispositius i sistemes digitals implicats en el reg i la fertirrigació. Per facilitar la interoperabilitat entre diferents sistemes digitals implicats en el control del reg i la fertirrigació, el pro-



Punts de mostreig de la humitat del sòl i de la pluviometria. Fotos: IRTA.

jecte loECrops va analitzar els requeriments de la mesura a camp, la prescripció i l'execució dels regs, per estudiar quins fluxos de dades es poden establir entre ells. Per fer-ho es va proposar una formalització de les seves interaccions i de les dades a intercanviar, es va implementar la proposta i finalment es va avaluar en una prova pilot. L'objectiu era demostrar la viabilitat de definir unes interfícies independents del fabricant, que permetessin l'intercanvi de dades entre els diferents sistemes implicats en el control de reg i la fertirrigació per a la seva automatització.

02. Proposta d'interoperabilitat

La interoperabilitat es va abordar a través de la definició de diverses API que especifiquessin cadascuna de les interaccions previstes entre els diferents sistemes. Una API (de l'anglès, *Application Programming Interface*) consisteix en l'especificació de com es pot usar una determinada funcionalitat d'un sistema digital, com se li han de passar els paràmetres d'entrada i com retornarà els resultats. Això afecta el disseny i la implementació de qualsevol solució digital, però és transparent per als agricultors i tècnics que les usen. Aprofitant estàndards *de facto* i propostes d'altres àmbits, les API implementades es van basar en l'arquitectura REST, i utilitza-

ven JSON per formatar les dades. Però el més important va ser l'evolució d'un model de dades semàntic, específic per a l'àmbit del reg, basat en l'ontologia SAREF4AGRI¹ d'ETSI i en l'estàndard SensorThings² de l'Open Geospatial Consortium. Aquest nou model de dades permetia l'intercanvi de dades entre sistemes de forma fiable i sense confusions en la seva interpretació. D'una banda, es va definir com havia de ser la petició i transmissió de dades entre una solució IoT de sensors genèrica i un sistema de prescripció de reg. D'altra banda, es va definir com havia de ser l'enviament de prescripcions de reg i fertirrigació a un controlador de reg genèric. Les API desenvolupades posen èmfasi en interaccions entre sistemes que es necessiten fer de manera periòdica, en general una vegada o més al dia, i que per tant cal que s'executin de manera automatitzada, sense intervenció de cap operari, però també altres interaccions descriptives de la tecnologia utilitzada a cada sistema i que en permeten la configuració. Aquestes API es van implementar en quatre sistemes informàtics: 1) la plataforma IoT de sensòrica de ModPow, 2) el sistema de prescripció de reg IriDesk, de l'IRTA, 3) la plataforma de gestió dels programadors de reg, d'ITC, i 4) la plataforma d'integració de dades d'loECrops, d'Eurecat. Els quatre sis-

temes van implementar exactament la mateixa API, fet que deixava entreveure la replicabilitat que podia tenir aquella API en qualsevol altre sistema de gestió de reg (plataforma de sensors, recomanador de reg, programador de reg, etc.).

Cal mencionar que en el cas de l'API del programador de reg, es va optar per transmetre prescripcions d'alt nivell, corresponents als mm de reg i unitats de fertilització a aplicar, que són realment les unitats rellevants des del punt de vista agronòmic. No hi havia constància de cap model de programador que fos capaç de rebre programacions en aquestes unitats, sinó que havien de rebre consignes de més baix nivell, com ara temps d'actuació o volum a aplicar per una bomba o vàlvula, cosa que obliga l'usuari a fer els càlculs necessaris entre el que demana la lògica agronòmica i el que entén el programador de reg.

03. Preparació de la prova pilot

La funcionalitat d'interoperar a través de les API proposades es va avaluar en una parcel·la pilot situada a Sanaüja, el 2020, al llarg d'un cicle de cultiu de blat de moro. Era una parcel·la de 4,5 ha, amb sòl de textura franca i profunditat variable entre 0,7 i més de 2 m. Prèviament, durant la campanya

¹ <https://saref.etsi.org/saref4agri/v1.1.2/> ² <https://www.ogc.org/standards/sensorthings>

de 2019, es van instal·lar tres punts de control amb enregistradors de dades de Modpow, cadascun amb tres sensors d'humitat del sòl (METER TEROS 10), a 20, 45 i 65 cm, i un pluviòmetre per mesurar la pluja més el reg per aspersió. La ubicació es va basar en la topografia i la variabilitat observada als sòls de la parcel·la. Les mesures recollides eren empaquetades i enviades via sòcol (*socket*) TCP amb encriptació i mitjançant un enllaç de comunicacions mòbils 2G/3G/LTE al servidor al núvol que s'encarregava del manteniment de les comunicacions amb els equips a camp i la gestió de les dades rebudes.

El sistema de reg es tractava d'una nova instal·lació de reg per aspersió, posada en marxa el 2019, dividida en 15 sectors. El capçal de reg estava equipat amb un controlador d'ITC, model Water Controller 3000, connectat a través de 3G amb la plataforma ITC-Cloud Manager. Aquest programador permetia definir un temps de reg específic per ajustar independentment la pluviometria i la quantitat de fertilitzant per a cada sector. El fertilitzant (32% N) s'incorporava a la xarxa de reg de manera proporcional. Això vol dir que es definia un valor de proporció entre fertilitzant i aigua que el controlador s'encarregava de mantenir durant tot el reg. A més de les API comentades, el sistema de prescripció també usava l'API del Servei Meteorològic de Catalunya per obtenir cada dia les dades meteorològiques actualitzades (estació agrometeorològica d'Oliola).

Abans de començar la campanya de reg, a través del sistema Irridesk es va establir un pla de reg i fertirrigació específic per a aquesta parcel·la. Aquesta tasca va partir de les dades de meteorologia històriques de la zona (estacions agrometeorològiques d'Oliola i de Solsona), dels mostrejos de sòl realitzats, i també d'informació aportada per l'agricultor. Totes les tasques agronòmiques, així com la configuració inicial dels horaris de reg, les va dur a terme el mateix agricultor.

04. Execució de les proves

Des del dia de sembra, el 10 de maig, fins el 15 d'octubre, el sistema va anar generant prescripcions diàries de reg i fertirrigació de forma autònoma, sense intervenció de cap operari, basades en: 1) el pla de campanya preparat prèviament, 2) les dades meteorològiques en línia del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC), i 3) les dades d'humitat de sòl i pluviometria dels aspersors mesurats a la mateixa finca. El sistema de prescripció consultava quatre vegades al dia les API de la plataforma de sensors i de l'SMC per obtenir-ne les dades i, una vegada al dia, a la matinada, les processava per decidir les noves prescripcions de reg, que enviava a l'API de la plataforma de control de reg. L'assaig va haver de fer front a diversos factors externs, que van posar a prova la tolerància a fallades del sistema. Entre elles, inclemències meteorològiques, interrupcions en l'alimentació elèctrica i desperfectes per la fauna en els sensors. Tot això no va impedir que els diversos sistemes seguissin interactuant de la manera esperada. Finalment, l'API de la plataforma loE-Crops permetia fer

un control global dels recursos utilitzats i un seguiment de les alertes generades.

05. Resultats

Per al conjunt de campanya, el reg aplicat va acabar sent de 4,780 m³/ha de mitjana, amb una forquilla entre 4.080 i 5.880 m³/ha depenent dels sectors. La fertirrigació aplicada va ser de mitjana 47 UFN/ha, amb una forquilla entre 40 i 61 UFN/ha. Es va obtenir una collita de 16.500 kg/ha, que és una producció prou alta per a aquesta zona, i més si ens fixem en el volum d'aigua i adobs aplicats. La productivitat de l'aigua de reg va ser de 3,45 kg de collita per m³ d'aigua de reg, afavorida per l'abundosa pluja rebuda durant el mes de juny. La productivitat de l'N va ser incerta de calcular degut a la incertesa en l'N aportat per altres vies.

Pel que fa als resultats tècnics, aquest assaig va poder demostrar que els diversos sistemes implicats en el control del reg basat en dades poden interoperar a través de unes API genèriques, independents del fabricant, tal com les definides al projecte. De manera més



Capçal de reg amb el programador, el sensors de cabal, pH i conductivitat. Foto: IRTA.



Esquema de la parcel·la pilot. Els polígons amb contorn groc i els números indiquen els sectors de reg. Els cercles vermells, els punts de monitoratge amb sensors. Els cercles verds, els mostrejos per a anàlitzes de sòl. Font: elaboració pròpia.

concreta, tant l'API per obtenir dades de sensors com l'API per enviar prescripcions de reg i fertirrigació van resultar efectives per a la funcionalitat que se n'esperava. Amb aquestes API es va poder completar diàriament el bucle de control de reg i fertirrigació, de manera autònoma i passant cada dia a través dels sistemes informàtics de les diferents organitzacions implicades.

L'assaig també va permetre validar la implementació d'un programador de reg "intel·ligent", que fos capaç de rebre prescripcions de reg i fertirrigació d'alt nivell, en mm de reg i unitats de fertirrigació a aplicar. Aquesta prestació permet simplificar molt l'API, sobretot pel que fa a la fertirrigació, ja que si s'hagués basat en l'enviament de consignes de baix nivell (actuació de vàlvules, bombes dosificadores, etc.) hauria estat necessari implementar un intercanvi d'informació, força complex, sobre la configuració de cada capçal de reg. De la manera escollida, els detalls es gestionen en la plataforma dels programadors de

reg, que és on es coneixen de primera mà, cosa que també ho fa més fiable. A més, això pot facilitar l'entrada de consignes per a l'usuari.

06. Conclusions

Com a conclusió, en el projecte loECrops s'ha proposat una API per a la interoperabilitat màquina a màquina entre els diversos sistemes que poden intervenir en la supervisió i control del reg. L'API s'ha provat viable a escala tècnica i agronòmica. El resultat és que facilita la interconnexió de sistemes per tal de proporcionar funcionalitats digitals avançades de control de reg i fertirrigació.

07. Agraïments

loECrops – Internet dels conreus extensius és un projecte d'R+D de la Comunitat RIS3CAT de Tecnologies de la Producció Agroalimentària (COPTA). Ha estat finançat pel Fons Europeu de Desenvolupament Regional de la Unió Europea en el marc del Programa Operatiu FEDER de Catalunya 2014-2020.

Autoria



Jaume Casadesús Brugués

Programa d'ús eficient de l'aigua en l'agricultura.
IRTA Lleida.

jaume.casadesus@irta.cat



Àlex Sala Serra

Co-fundador de Modpow.
Assessor.

asala@modpow.es



Xavier Corbella Cordomí

Enginyer
Gerent ITC

xavi@itc.es



Josep Pijuan Parra

Investigador
Eurecat

josep.pijuan@eurecat.org