



Fundación para la
Innovación Agraria
MINISTERIO DE AGRICULTURA

RESULTADOS Y LECCIONES EN

Sistema controlador de válvulas de riego tipo Latch

AGRICULTURA SUSTENTABLE



Proyecto de innovación en
Región de Arica y Parinacota







RESULTADOS Y LECCIONES EN

Sistema controlador de válvulas de riego



Proyecto de innovación en
Región de Arica y Parinacota

Valorización a diciembre de 2021



Agradecimientos

En la realización de este trabajo agradecemos sinceramente la información y colaboración entregada por Christian Aravena Fuentealba, profesional y ejecutor del proyecto precursor, así como también a los profesionales entrevistados, por su valioso aporte.

Resultados y lecciones en

Sistema controlador de válvulas de riego

Proyecto de innovación en Región de Arica y Parinacota

Serie **Experiencias de innovación para el emprendimiento agrario**

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA

Santiago de Chile, diciembre 2021

Registro de Propiedad Intelectual N° 2022-A-3493

ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO

Sergio Lara Pulgar, Médico Veterinario y consultor.

REVISIÓN Y EDICIÓN TÉCNICA DEL DOCUMENTO

Gabriela Casanova, Ingeniera Agrónoma, Fundación para la Innovación Agraria

FOTOGRAFÍAS

Archivos FIA, proyecto precursor y empresa proveedora

DISEÑO GRÁFICO Y EDICIÓN DE TEXTOS

Guillermo Feuerhake

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida, siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

Presentación

La Fundación para la Innovación Agraria (FIA) es la agencia del Ministerio de Agricultura orientada a promover la cultura de la innovación en el sector silvoagroalimentario nacional. Para ello, la Fundación apoya con incentivos financieros, información, capacitación y redes para innovar.

Fundamental para que los productores puedan innovar es contar con información relevante para tomar decisiones que les permitan acercarse de manera plausible al éxito de las iniciativas que realicen. Por su parte, los proyectos e iniciativas que se desarrollan bajo el alero de FIA generan resultados que representan un gran caudal de valioso conocimiento para el sector silvoagroalimentario nacional e internacional. Como toda innovación conlleva un riesgo, y tanto los resultados promisorios como aquellos de proyectos que no lograron alcanzar los objetivos esperados son puestos en valor por FIA, ya que ambos constituyen aprendizajes relevantes.

FIA desarrolló una metodología de valorización de resultados orientada a analizar la validez y potencial de aplicación de las experiencias, lecciones aprendidas y resultados de los proyectos al momento de su cierre. Es una metodología cercana a la de un estudio de viabilidad, compuesta de distintos análisis en los ámbitos comerciales, técnicos, de gestión, legal y/o financieros, dependiendo de la naturaleza del proyecto.

En este marco, el presente documento tiene el propósito de compartir con los actores del sector los resultados, experiencias y lecciones aprendidas del proyecto **“Control remoto de válvulas Latch”**. Este tuvo como objetivo desarrollar y validar un controlador remoto autónomo/manual para electroválvulas de riego tipo Latch, ajustado a las necesidades de pequeños y medianos agricultores.

Espero que la información contenida en este documento sirva como aprendizaje y se transforme en un insumo provechoso, especialmente para productores y empresas que buscan incorporar nuevas tecnologías en sus predios, para incrementar la eficiencia hídrica y sustentabilidad de sus sistemas productivos.

Álvaro Eyzaguirre
Director Ejecutivo FIA

Contenidos

Presentación	5
Introducción	9

Sección 1. Resultados y lecciones aprendidas	11
1. Antecedentes	11
1.1 Tecnologías digitales en la agricultura.....	11
1.2 Tecnologías de riego inteligente.....	18
2. Base conceptual de la tecnología	23
3. La innovación tecnológica	28
4. El valor de la herramienta desarrollada	30
5. Conveniencia económica para el productor.....	33
6. Claves de viabilidad.....	38
7. Asuntos por resolver	40

Sección 2. El proyecto precursor	41
1. Validación de la tecnología	41
2. La asesoría	45
3. Estado de ejecución actual.....	46

Sección 3. El valor del proyecto precursor y aprendido	49
---	-----------

Sección 4. Anexos	
1. Bibliografía consultada	55
2. Entrevistas realizadas	57



Introducción

Los análisis y resultados que se presentan en esta publicación han sido desarrollados a partir de las experiencias y lecciones aprendidas de la ejecución de un proyecto financiado por FIA (proyecto precursor), denominado **“Control remoto de válvulas Latch”**.¹ La finalidad de esta iniciativa fue desarrollar un sistema de control remoto inalámbrico, modular, sencillo y escalable para electroválvulas de riego, contribuyendo con ello a un uso eficiente del recurso hídrico, reducción del costo en mano de obra y un mejor control de las operaciones de riego.

El proyecto fue ejecutado por el ingeniero civil mecánico Christian Aravena, entre los años 2018 y 2019, realizando las pruebas piloto en predios de la Región de Arica y Parinacota.

El dispositivo electrónico y software desarrollados en el proyecto precursor se enmarcan en la amplia gama de tecnologías digitales aplicadas a la agricultura, las cuales buscan realizar tareas con alto grado de precisión en base a criterios técnicos definidos, mejorando la eficacia, rentabilidad y sustentabilidad de la explotación.

Este documento está estructurado en tres secciones principales. La primera de ellas, **“Resultados y lecciones aprendidas”**, tiene como finalidad proveer una visión sistematizada del nuevo servicio o herramienta tecnológica que derivó de los resultados y aprendizajes generados en el proyecto ejecutado. En su desarrollo, esta visión contiene los elementos que permiten a los productores interesados apreciar si la opción responde a sus necesidades y permite mejorar o hacer más eficientes sus procesos productivos y de gestión, así como también conocer las claves de viabilidad y los temas que aún se encuentran pendientes de resolución.

La segunda sección consiste en la descripción del **“Proyecto precursor”**,² donde se resumen los resultados del proyecto realizado con el apoyo de FIA y se ilustran las experiencias que condujeron a la validación y sistematización de la herramienta tecnológica evaluada, junto con la descripción del entorno, metodologías y aplicaciones prácticas que se llevaron a cabo.

¹ *Latch*: su significado se asemeja a “pestillo”. Para abrir o cerrar la válvula basta con una corta corriente eléctrica (impulso). Se utilizan con sistemas de programación a pilas o autónomos.

² **“Proyecto precursor”**: proyecto de innovación a escala piloto financiado e impulsado por FIA, cuyos resultados fueron evaluados a través de la metodología de valorización de resultados desarrollada por la Fundación, análisis que permite configurar la innovación aprendida que se da a conocer en el presente documento. Los antecedentes del proyecto precursor se detallan en la Sección 2 de este documento.

Finalmente, considerando el análisis realizado en la primera y segunda sección del documento, en una tercera, denominada **“Valor del proyecto”**, se resumen los aspectos más relevantes y determinantes del aprendizaje para la viabilidad futura de la innovación realizada.

Se espera que esta información, sistematizada en la forma de una **“innovación aprendida”**,³ aporte a los interesados elementos clave respecto de los beneficios del uso o incorporación de los nuevos servicios y herramientas tecnológicas desarrolladas.

³ **“Innovación aprendida”**: análisis de los resultados de proyectos orientados a generar un nuevo servicio o herramienta tecnológica. Este análisis incorpora la información validada del proyecto precursor, las lecciones aprendidas durante su desarrollo, los aspectos que quedan por resolver y una evaluación de los beneficios económicos de su utilización en el sector.

Resultados y lecciones aprendidas

► 1. Antecedentes

1.1. Tecnologías digitales en la agricultura

El crecimiento proyectado de la población mundial, a más de 9.600 millones en 2050, implicará un importante incremento de la demanda de alimentos mientras que la disponibilidad de recursos naturales, tales como el agua dulce y las tierras cultivables productivas, se ve cada vez más restringida. Si bien hoy en día la producción agrícola es suficiente para alimentar al mundo, existen 821 millones de personas que todavía padecen hambre, y la desnutrición global tuvo un repunte desde el 2015 después de sostenidos periodos de disminución (FAO, 2019).

Parte importante de estos fenómenos se relaciona con la agricultura y la ruralidad, ya que casi el 80 % de las personas extremadamente pobres vive en zonas rurales y dos tercios de ellas dependen de la agricultura para su subsistencia. Para alcanzar el objetivo de desarrollo sostenible de un mundo libre del hambre para 2030, será necesario contar con sistemas alimentarios más productivos, eficientes, sostenibles, inclusivos, transparentes y resilientes. Por lo tanto, los esfuerzos de reducción de la pobreza deben centrarse en el aumento de la



productividad agrícola, que tiene un impacto mayor que el de cualquier otro sector, aproximadamente el doble que el de las manufacturas y los servicios (Banco Mundial, 2020).

Siguiendo la evolución de la tecnología en la agricultura se han acuñado algunos términos para describir distintas etapas de desarrollo, en paralelo con el desarrollo de la industria general. Es así como se señala que actualmente estamos viviendo una Cuarta Revolución Industrial, caracterizada por el uso de sistemas físico-cibernéticos, es decir, la digitalización de los procesos productivos en las fábricas mediante sensores y sistemas de información para transformar los procesos productivos y hacerlos más eficientes. Esta etapa se ha hecho conocida también como “Industria 4.0”, denominación dada por el gobierno alemán como parte de su estrategia de desarrollo industrial lanzada el año 2011.

Esta cuarta revolución industrial se desencadena debido al impacto disruptivo de las tecnologías digitales aplicadas a los modelos de negocio de la industria. La inteligencia de las nuevas fábricas es el resultado de la convergencia de las tecnologías de la información, su unión en un “ecosistema digital” con otras tecnologías industriales y el desarrollo de nuevos procesos de organización. Las tecnologías básicas en que se sustenta la Industria 4.0 son las siguientes (Del Val, 2016):

- **Comunicaciones móviles:** internet móvil es la tecnología base en un entorno de producción conectado, en el que sistemas y productos se comunican entre sí. Con ello se hace posible la captura de datos, la coordinación de los sistemas y el despliegue de servicios remotos, todo ello en tiempo real y de manera extendida.
- **La nube (*cloud computing*):** los productos y sistemas inteligentes generan enormes cantidades de datos que deben ser accesibles *on-line* desde cualquier lugar. La nube permite este flujo de datos sin fronteras y elimina la necesidad de inversión en infraestructuras para incrementar la capacidad, permitiendo una flexibilidad inédita.
- **Análisis masivo de datos (*big data*):** el análisis de la enorme cantidad de datos generados permite identificar patrones e interdependencias, analizar los procesos, descubrir ineficiencias e incluso predecir eventos futuros.
- **Comunicación máquina a máquina (M2M):** es la tecnología básica de la “Internet de las cosas” (IoT), permite el intercambio de información entre los productos y sistemas inteligentes que constituyen el entorno de la Industria 4.0 (intra-empresa o inter-empresas).
- **Plataformas sociales:** la comunicación en los entornos industriales se verá enormemente mejorada con una interacción más dinámica y de contenido enriquecido que favorezca la colaboración y la innovación. También proporcionan gran cantidad de información sobre los clientes y facilitan la fabricación bajo demanda.

- **Impresión 3D (fabricación aditiva):** producción de objetos tridimensionales a partir de modelos virtuales. Aunque su uso masivo aún es escaso, la fabricación aditiva elimina las desventajas en eficiencia de la producción de productos personalizados, permite la creación rápida de prototipos y una fabricación altamente descentralizada.
- **Robótica avanzada y colaborativa:** la inteligencia artificial y los sensores avanzados han permitido crear robots cada vez más autónomos, flexibles y cooperativos. Con el tiempo, van a interactuar unos con otros y seguramente trabajarán junto a los seres humanos, aprendiendo de ellos y ofreciendo una gama de capacidades muy superiores a las utilizadas actualmente en la fabricación.
- **Realidad aumentada:** todavía en desarrollo incipiente a nivel industrial, permitirá proporcionar a los trabajadores información en tiempo real para mejorar la toma de decisiones y los procedimientos de trabajo.
- **Seguridad:** con el aumento de la conectividad y el uso de protocolos de comunicación estándar, la necesidad de proteger de amenazas a la seguridad a los sistemas industriales críticos y las líneas de fabricación aumenta dramáticamente. Como resultado, serán necesarias comunicaciones seguras y fiables, así como sofisticados sistemas de gestión de identidades y acceso de las máquinas y de los usuarios.

En esta misma lógica, los autores Pham y Stack han realizado una clasificación sistematizada de la evolución de la agricultura estadounidense, desde una Agricultura 1.0 con alta intensidad de uso de mano de obra, seguida de la Agricultura 2.0, que trajo consigo la llamada Revolución Verde, relacionada al uso intensivo de fertilizantes, pesticidas, semillas modificadas genéticamente y maquinarias para incrementar el rendimiento de los cultivos. El periodo 2000-2010 es denominado Agricultura 3.0 o agricultura de precisión, que incluye la recolección apropiada de información para mejorar la toma de decisiones. Uno de los instrumentos pioneros en esta etapa fue el GPS (Global Positioning System), sistema de referenciación global a través de satélites. Otros desarrollos que permitieron mejorar la agricultura se encuentran ligados a los sensores que ayudan a obtener información sobre el tipo de suelo, calidad de agua y clima, entre otras variables, lo que permite un manejo por micro-lotes. Este sistema identifica los principales componentes que requiere la planta y hace más eficiente el uso de nutrientes, abaratando costos y reduciendo la sobreexplotación de suelos.

Por último, la denominada Agricultura 4.0 se caracteriza por el cambio de paradigma, desde los grandes equipos y sistemas agrícolas tratando de dar velocidad al proceso agrícola, hacia sistemas más inteligentes con una interfase sencilla de usar y con un nivel de precisión muy relevante.

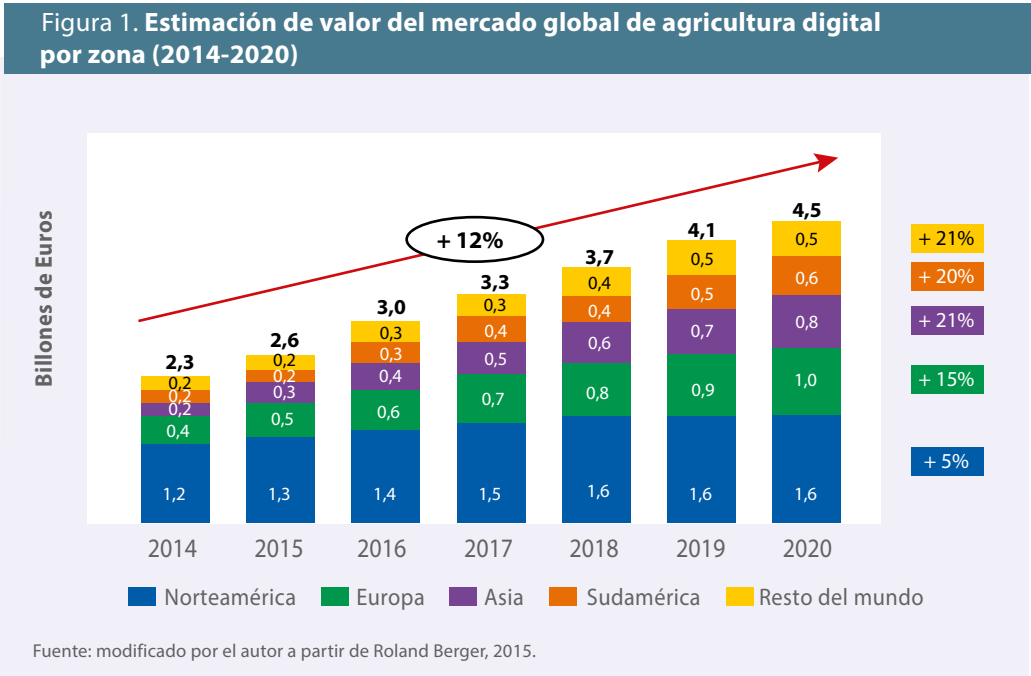


Este tipo de clasificaciones no son tajantes y están sujetas a críticas de los especialistas. Existen también otros términos que normalmente se usan de forma indistinta, aunque representan diferentes dimensiones del mismo fenómeno. Algunos términos relacionados y habitualmente utilizados en la literatura son:

- **Agricultura digital:** se basa en la disposición de información generada por dispositivos que se utilizan en diversas operaciones de la cadena de valor agroalimentaria, en la centralización de esa información a través de redes (como Internet) y en la toma de decisiones inteligentes a partir de esa información, ya sea en tiempo real o diferido (ODEPA, 2019).
- **Agricultura inteligente:** aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación con el fin de optimizar sistemas agrícolas complejos. Podría considerarse una parte de la agricultura digital, centrada en el acceso y aplicación de estos datos de manera inteligente (ODEPA, 2019).
- **Agricultura de precisión:** estrategia de gestión que recoge, procesa y analiza datos temporales, espaciales e individuales y los combina con otras informaciones para respaldar las decisiones de manejo de acuerdo con la variabilidad estimada, y así mejorar la eficiencia en el uso de recursos, la productividad, la calidad, la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción agrícola (ISPAD, 2021). En la medida que una determinada tecnología no solo obtenga y registre información de un campo, sino que también posibilite la transferencia y utilización de esta información, podría considerarse también como una tecnología de agricultura digital.

Las crecientes preocupaciones ambientales, que limitan la producción agrícola, están alen-
tando a los agricultores a cambiar su enfoque hacia prácticas agrícolas sostenibles. La de-
manda por tecnologías sustentables y el constante desarrollo de nuevas herramientas está
impulsando a su vez el mercado de la agricultura digital y de precisión.

En el año 2015, la empresa Roland Berger estimaba que el mercado global de la agricultura
de precisión, incluyendo hardware y software, iba a crecer desde 2,3 millones de euros en el
2014 a 4,5 millones de la misma moneda en 2020, lo que equivale a una tasa de crecimiento
compuesto anual (en inglés, CAGR) del 12 %. Este crecimiento puede compararse, como
referencia, con el mercado mundial de tractores y vehículos agrícolas, que solo crecería un
4 % en igual periodo.



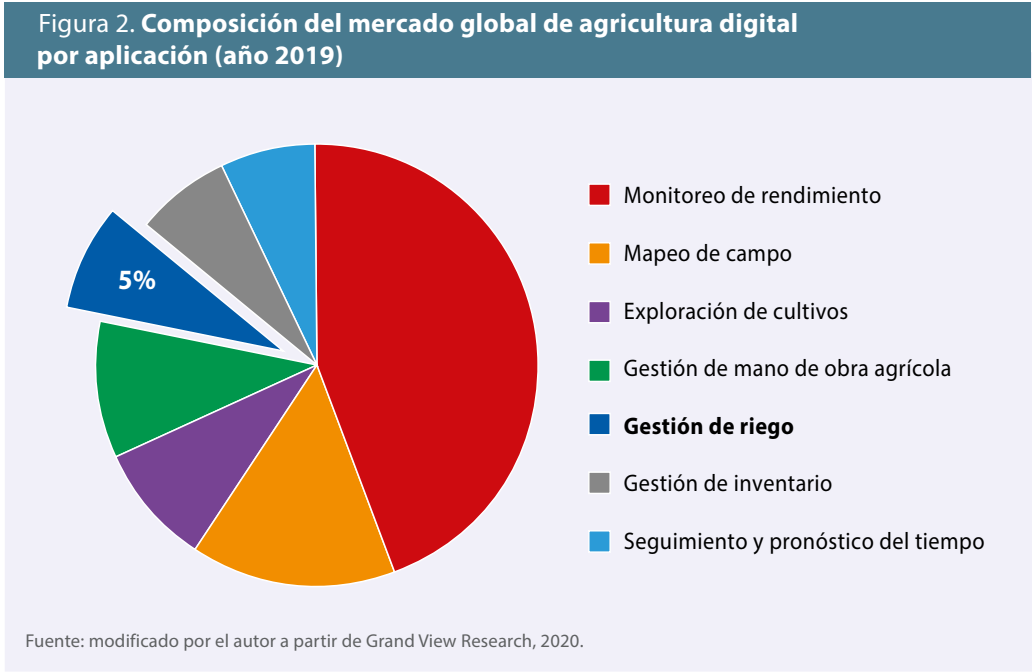
En esta proyección el protagonismo lo tiene América del Norte, que en 2014 representa casi
la mitad del mercado mundial. Sin embargo, las tasas de crecimiento más altas se presentan
en Asia, Sudamérica y otras economías emergentes, donde la velocidad de incorporación
superaría el 20 % anual.

Estimaciones más recientes, realizadas por Grand View Research, señalan que el tamaño del
mercado mundial de agricultura de precisión se valoró en US\$4.700 millones en 2019 y se
espera que crezca a una CAGR del 13 % de 2020 a 2027.

Según la oferta, el mercado de la agricultura de precisión se ha segmentado en hardware,
software y servicios. El segmento de hardware lideró el mercado en términos de ingresos en
2019 y se espera que siga siendo dominante durante el período de pronóstico. Este incluye

sistemas de control y automatización, sensores, drones, antenas y puntos de acceso. El segmento de software incluye agricultura de precisión basada en la web y en la nube (*cloud*). Se prevé que el segmento de software registre una CAGR de más del 15 % durante el período de pronóstico.

Según la aplicación, el mercado de la tecnología se ha segmentado en mapeo de campo, monitoreo de rendimiento, exploración de cultivos, gestión de riego, gestión de inventario, seguimiento y pronóstico del tiempo, y gestión de mano de obra agrícola. El segmento de monitoreo de rendimiento dominó el mercado de la agricultura de precisión en 2019 y se espera que continúe su dominio durante el período de pronóstico. **El segmento de gestión del riego, donde se inscribe el proyecto en análisis, ocupa el quinto lugar, con aproximadamente un 8 % del volumen total de ventas, y se espera que experimente un crecimiento considerable durante el período proyectado.** El riego inteligente implica el uso de diversas tecnologías, como sensores de lluvia, controladores basados en el clima, controladores basados en sensores y medidores de agua para ayudar a estimar la cantidad correcta de agua de riego. Es probable que estos beneficios impulsen la adopción de drones de riego.



Dentro de las numerosas áreas de aplicación de la agricultura digital, podemos identificar cuatro etapas en las labores de campo, dentro de las cuales existe una serie de dispositivos, software y servicios disponibles. Estas son: sistemas de evaluación de la variabilidad espacial y temporal de predios; sistemas de monitoreo continuo de variables; sistemas de logística y control de la producción; y sistemas para operaciones de precisión (Best y Vargas, 2020). Esta última, en la cual se podría incluir el proyecto precursor, consiste en implementar acciones planificadas según requerimientos sitio específicos en los campos o huertos.

Esto puede aplicarse mediante el levantamiento de planos para mostrar la variabilidad espacial de los parámetros, que se traducen luego en mapas de prescripción para ser implementados en el campo. Un mapa de prescripción es un plano del campo que muestra la tasa de aplicación o la intensidad de una operación de manejo específico del terreno (siembra, fertilización, riego, labranza, protección de cultivos, etc.). Otra forma de aplicar este enfoque, que requiere de mayor tecnología, es mediante sensores que monitorean el campo en tiempo real, con los cuales se extrae y procesa información para luego ejecutar una labor de forma instantánea y automatizada, sin mediar la elaboración de planos.

Las tecnologías de tasa variable pueden ser implementadas en esparcidores de fertilizantes, pulverizadores, sembradoras o sistemas de riego. Dichos implementos deben estar equipados con:

- Controladores: responsables de interpretar los datos de salida de los mapas de prescripción (punto de aplicación, volumen a aplicar), en un método basado en mapas; y de traducir las lecturas de los sensores cuando se realiza en tiempo real. Además, generan señales de control que se envían a los actuadores para ajustar el equipo a la velocidad de salida deseada establecida en el lugar consignado.
- Actuadores: suelen ser válvulas, motores, cilindros, transportadores, reguladores de presión, etc., que operan siguiendo las instrucciones emitidas por los controladores.
- Sensores: responsables de monitorear el desempeño del implemento y su precisión en la entrega de la tasa de salida, en lo que usualmente es un control de circuito cerrado.

Los productos integrados en el proyecto precursor incluyen controladores y actuadores, mientras que los sensores se han ido incorporando con posterioridad al proyecto, como se verá más adelante.



1.2. Tecnologías de riego inteligente

Las tecnologías que podríamos llamar de “riego inteligente” o “riego de precisión” buscan satisfacer adecuadamente la demanda hídrica de un cultivo, ya que a través de diversas herramientas y tecnologías que lo conforman se puede conocer al detalle la necesidad de cada sector de una plantación o siembra y, a partir de ello, entregar la cantidad justa de agua y en el momento preciso, permitiendo regar de manera óptima aun cuando haya menos disponibilidad del recurso hídrico. El resultado es un ahorro de recursos y una mejora productiva.

Para lograr todo lo anterior, es necesario cumplir una serie de etapas previas antes de llegar a ejecutar un riego de precisión adecuado:

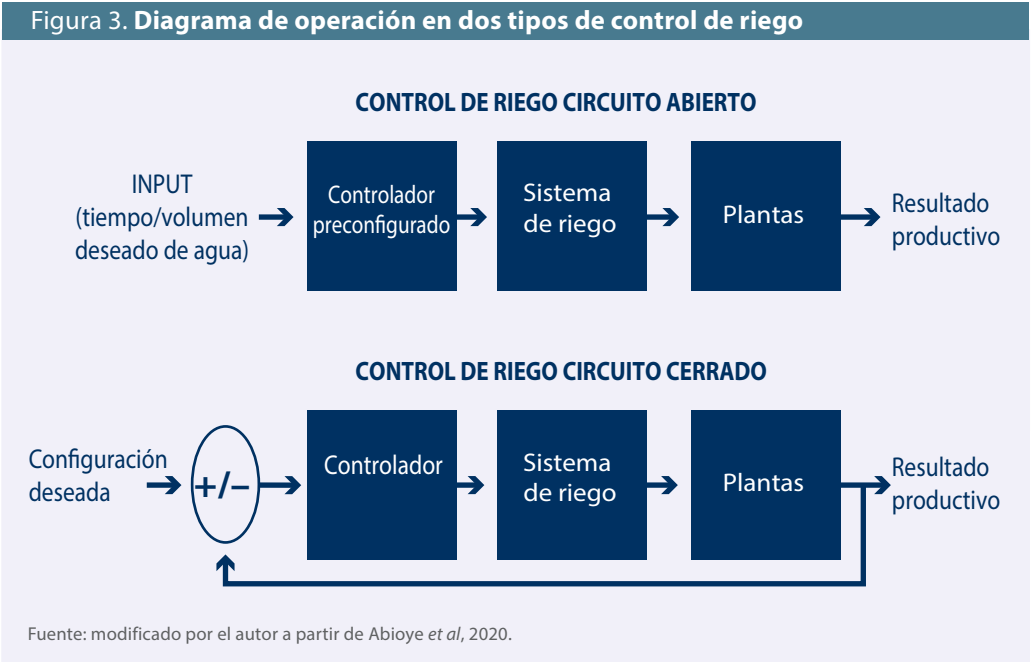
- Conocer el suelo: analizar la variabilidad espacial de las propiedades físicas del suelo, en especial la textura y las constantes hídricas del mismo.
- Sectorizar el predio: en base al análisis del suelo, debe dividirse el campo en cuadrantes con características homogéneas, lo que determinará la frecuencia y tiempo de riego. El diseño del sistema de riego debería seguir este patrón para poder manejar cada sector de riego en forma diferenciada.
- Definir cuánta agua aportar: estimar la evapotranspiración del cultivo para asignar el volumen de agua correcto, lo que depende de la especie, estado fenológico, cantidad de flores o frutos, estado del sistema radicular, y condiciones meteorológicas.
- Definir frecuencia de riego: depende de la capacidad de retención de humedad del suelo, lo cual puede evaluarse mediante sensores.
- Automatizar el proceso: una vez que se han cumplido las etapas mencionadas, se configura el software que integra la información y controla el sistema de riego para que funcione de forma automática, reduciendo la intervención humana.
- Analizar los resultados: los distintos datos monitoreados, y que el sistema puede almacenar, deben ser analizados en conjunto con los rendimientos y la calidad de la cosecha.

En lo que respecta al proceso específico de control del riego, a lo cual se abocó el proyecto precursor, existen dos grandes tipos de control: los llamados de “circuito abierto” y los de “circuito cerrado” (Abioye *et al*, 2020).

- **Control de circuito abierto:** las decisiones de riego las toma empíricamente el operador, utilizando temporizadores de riego mecánicos o electromecánicos y decidiendo el volumen de agua a suministrar, o indirectamente a través de la velocidad de una máquina

rociadora móvil. El volumen de agua y el tiempo de riego a menudo se especifican y aplican basándose en el conocimiento del operador sobre la respuesta percibida del cultivo, más que en una medición precisa, sin considerar la respuesta del cultivo. Es simple de implementar porque no se requieren sensores para medir los parámetros variables que afectan a la planta. Se basa en temporizadores de riego capaces de activar una o más subunidades de riego en un momento específico programado previamente. El problema de este método es su susceptibilidad a las perturbaciones ambientales, ya que no puede reaccionar automáticamente a las condiciones variables del medio ambiente o los requisitos de la etapa de desarrollo de las plantas, por lo que requiere un reajuste por parte del operador para lograr altos niveles de eficiencia de riego. Este tipo de sistema fue el desarrollado en el proyecto.

- **Control de circuito cerrado:** funciona según un esquema de control de retroalimentación diseñado para mantener la condición de salida deseada, comparándola con algunas condiciones preestablecidas para decidir la duración y la cantidad de suministro de agua a las plantas. En este sistema el operador crea un enfoque de control general, donde las decisiones sobre cuándo, cuánto y dónde regar dependen de datos obtenidos de sensores. Las variables del suelo, las plantas y el clima se combinan para medir la demanda de agua del cultivo, y para la programación y optimización del riego. Por la naturaleza no lineal y cambiante de las plantas, el control del riego en este sistema es muy complejo, a la vez que costoso por la necesidad de sensores y calibraciones. Si bien este no fue el objetivo del proyecto, con posterioridad al término de este el ejecutor ha continuado realizando adaptaciones en el producto que permiten su conexión con diversos sensores.



Los sistemas de control y monitoreo ocupan diversos protocolos y medios de comunicación entre dispositivos. Las comunicaciones inalámbricas, como las ocupadas en el proyecto precursor, desempeñan un papel cada vez más importante en la agricultura, ya que permiten transmisión de información a largas distancias, sorteando barreras físicas y con baja intervención en la infraestructura existente, lo que resulta difícil y costoso de implementar utilizando cables (Avello-Fernández *et al*, 2018).

Entre las diferentes vías de transmisión inalámbrica que se aplican en la agricultura se encuentran las redes basadas en comunicación mediante radiofrecuencia (RF, VHF, UHF), que permiten transmisión a grandes distancias, y las redes de internet, WiFi, Bluetooth y telefonía móvil. El proyecto utilizó una red de internet 3G, que permite transferencia de grandes volúmenes de datos a altas velocidades, a los cuales se puede acceder desde cualquier ubicación y en cualquier momento.

En nuestro país existen empresas que prestan diversos servicios en relación con el riego inteligente, en consonancia con el desarrollo de la tecnología a nivel internacional. A continuación se presenta una breve reseña de algunas de ellas, y los productos y servicios que ofrecen.

- **WiseConn:** empresa de origen nacional que desarrolló sistema DropControl, una red de monitoreo y control en terreno, compuesta por nodos interconectados, un servidor web y una aplicación móvil. Mediante nodos inalámbricos es posible operar, monitorear y administrar múltiples procesos agrícolas en el campo, como estaciones de bombeo, fertirrigación, control de válvulas y monitoreo de campo. Los nodos se pueden comunicar entre sí y mediante señal de radio o celular 3G la red se comunica con un servidor web, al cual el usuario puede acceder de forma remota.



Dispositivos DropControl de Wiseconn, Fuente: www.wiseconn.cl

- **AgroSuccess** (<http://agrosuccess.cl>): empresa chilena, especialista en control automático, sistemas digitales y comunicaciones inalámbricas. Ofrece servicios de telemetría (monitoreo y obtención de datos a distancia con sensores) y telecontrol (capacidad de comandar de forma remota los equipos). Cuenta con dispositivos para controlar a distancia la apertura o cierre de electroválvulas, puesta en marcha de bombas, programación de fertirrigadores, operación de filtros, control y monitoreo de pozos y otros mecanismos en forma inalámbrica, mediante señales de radio.
- **AguaControl** (<https://aguacontrol.cl>): empresa chilena, ofrece servicios de monitoreo de diversas variables mediante sensores, y control de tableros de riego, bombas, filtros y válvulas inalámbricas, desde la plataforma web de AguaControl.
- **Netafim**: empresa de origen israelí con representante en Chile. Dispone de una amplia gama de sistemas de monitoreo en tiempo real, y controladores de riego y fertirriego, con equipos diseñados específicamente para agricultores de distinto tamaño y para cultivos al aire libre o bajo invernadero. Los distintos equipos forman el sistema NetBeat™, que combina las distintas herramientas en una sola plataforma que permite monitorear, analizar y controlar el riego de forma remota. Para algunos cultivos la empresa dispone de Modelos Dinámicos de Cultivos™, que en base a la información recopilada generan recomendaciones dinámicas de riego para el predio.



Algunos dispositivos de control de empresa Netafim. Fuente: www.netafim.cl

- **LemSystem:** empresa nacional que ofrece dispositivos y software para monitoreo de variables agroclimáticas, sondas de humedad de suelo, control de válvulas inalámbricas de riego, programador de riego inalámbrico, monitoreo de casetas de riego, y monitoreo de pozos y canales, entre otros.



Algunos dispositivos de monitoreo y control de empresa Lemsystem. Fuente: <https://lemsystem.cl>

- **Instacrops:** empresa nacional que ofrece una serie de servicios de monitoreo mediante sensores, procesamiento de imágenes e inteligencia artificial, para generar recomendaciones de manejo. Su producto InstaFlow se conecta directamente a la caseta de riego, y es capaz de monitorear, programar y controlar los flujos y caudales de forma remota de hasta 14 sectores de riego. El equipo se conecta a través de un modem 3G hacia la nube de Instacrops, con la cual se pueden ocupar sus atributos integrados (informes, gráficos históricos y datos históricos, entre otros), junto con la activación y programación de riegos.

► 2. Base conceptual de la tecnología

El sistema desarrollado en el transcurso del proyecto está formado por elementos de hardware y software bajo el nombre Modular:⁴

Módulo de control de actuadores (válvulas u otros)

Formado por un dispositivo electrónico que mediante cables se conecta con válvulas solenoides, las cuales pueden ser abiertas o cerradas mediante impulsos eléctricos enviados por el módulo de control. Este dispositivo, cuyo diseño electrónico, montaje y testeo fue realizado por el equipo del proyecto, fue denominado como Modular 2 ON/OFF, por estar diseñado para el control de 2 válvulas en forma independiente una de la otra. Posteriormente se han construido versiones para 4 válvulas, denominadas 4 ON/OFF, y otros modelos para mayor cantidad de dispositivos, no solo válvulas, por lo cual actualmente se le denomina simplemente como Modular ON/OFF y quedó definido con 2 puertos de salida. El objetivo es controlar la operación de válvulas, ventiladores, calefactores, luces, alarmas sonoras o cualquier dispositivo susceptible de ser controlado electrónicamente. Estos equipos, de pequeño tamaño, se adosan a la estructura del invernadero en número variable según los requerimientos.

La carcasa del módulo está elaborada en un material altamente resistente al calor, la radiación solar directa, las salpicaduras de agua y el polvo, características del desierto. Su desempeño fue probado en terreno, mostrando una mejora significativa respecto a equipos convencionales, que en cuestión de meses sufrieron deterioro, derretimiento o fracturas por la exposición ambiental.

Módulo 2 ON/OFF para control de válvulas. Fuente: proyecto precursor.



⁴ Los nombres de cada elemento son referenciales ya que se encuentran en proceso de cambio.

Software de comunicación y control

Se diseñó un software que permite la operación del sistema en modalidad operativa, la modalidad *plug and play*, así como el control y monitoreo del usuario de forma sencilla mediante una aplicación web (Modular Cloud) accesible desde distintos dispositivos. A través de esta plataforma el usuario puede: introducir la programación de los riegos, indicando momento de apertura y cierre de cada subsector; realizar control manual del riego; y recibir reportes y alertas inmediatas en caso de algún problema o interrupción de funcionamiento.

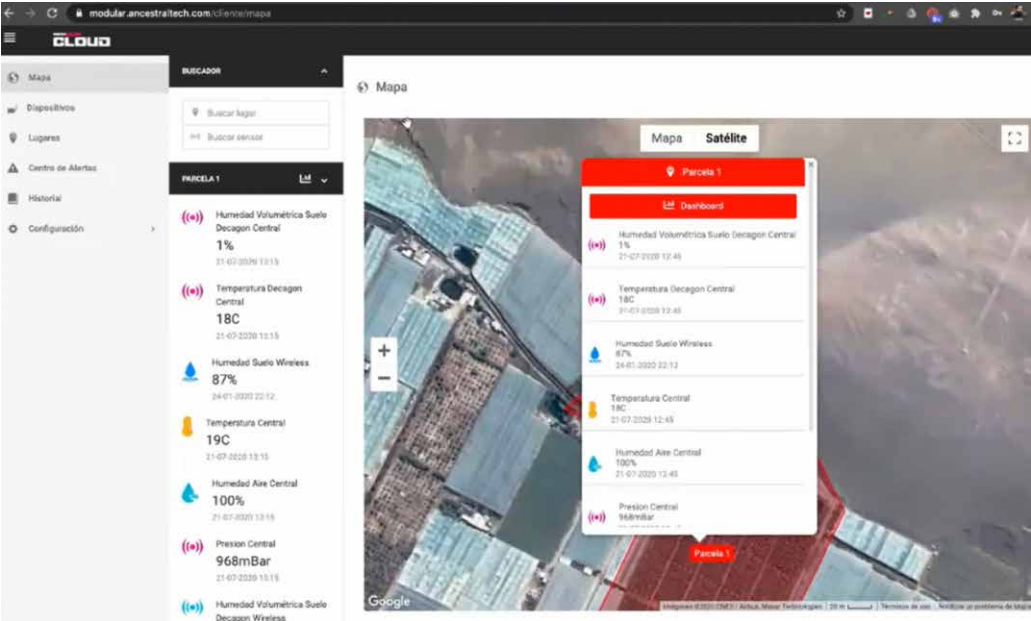


Imagen de software Modular Cloud para gestión de riego y sensores. Fuente: proyecto precursor.

Módulo de comunicación - WIRELESS

Un elemento adicional, que ya existía, y fue adquirido durante el proyecto para acoplarse con el módulo de control, es el módulo de comunicación inalámbrico, actualmente denominado WIRELESS.

Este dispositivo se conecta por medio de cables con los módulos ON/OFF o con sensores, transmitiendo las señales en ambas direcciones según el uso. Se conecta a un módulo CENTRAL mediante señal inalámbrica wifi, sin requerir conectividad a Internet, recibiendo de este las señales para operar los módulos ON/OFF o enviando los datos recogidos por los sensores. Al módulo Wireless pueden conectarse dos dispositivos, ya sean módulos ON/OFF o sensores.

Módulo CENTRAL

Este dispositivo, desarrollado por la empresa Ancestral Tech, es el verdadero cerebro del sistema, ya que tiene la función de almacenar las rutinas de actuación (control de riego, bombas, ventiladores o cualquier equipo eléctrico), enviar las instrucciones por wifi a los módulos Wireless, almacenar datos y enviarlos a la nube mediante señal 3G, para que el usuario pueda manejar el sistema de forma remota mediante la aplicación web. El acceso a la red 3G se realiza mediante un chip que automáticamente detecta la señal disponible, entre las distintas empresas de telecomunicaciones. Por lo tanto, hace las veces de *getaway*, es decir, portal de comunicación entre diferentes entornos, y de *datalogger*, registrador de datos.

Por las características del protocolo de comunicación, el módulo Central no debe ubicarse a más de 400 metros de los módulos Wireless que debe controlar. En caso de existir distancias mayores en el predio, se instalan módulos Central adicionales para lograr la cobertura total. Si bien este alcance es inferior al de las señales de radio que usan otras empresas, tiene la ventaja de soportar mucho mayor volumen de datos y a una mayor velocidad, por lo cual pueden enviarse instrucciones con intervalos de unos pocos segundos y el sistema responde forma inmediata. Esto permite, por ejemplo, programar rutinas de riego altamente detalladas y precisas.

En la práctica, y para asegurar una cobertura adecuada y sin pérdida de información, los equipos Central se ubican a no más de 100 metros entre sí, y a cada uno se le conecta un máximo de 20 dispositivos Wireless (teóricamente soportan hasta 252 conexiones). No hay restricción de distancia entre un equipo Central y otro, ya que cada uno se comunica con la nube en forma independiente, y es el software el que integra la información.

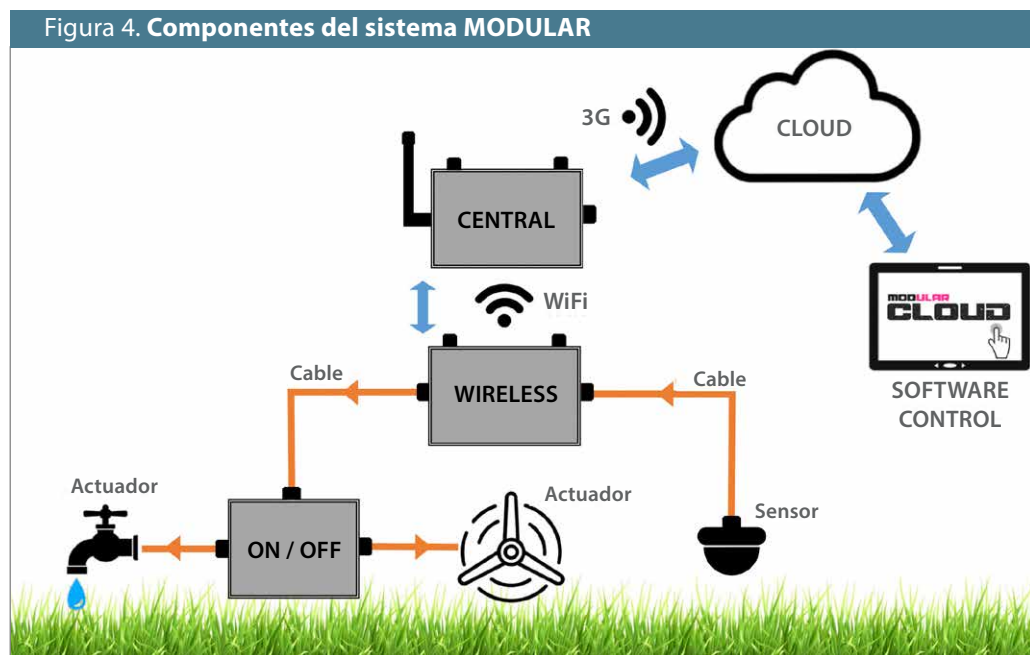
En caso de que exista una interrupción en el servicio de comunicación, que impida al módulo Central enviar y recibir datos de la nube, este tiene capacidad de almacenamiento local, por lo cual las rutinas programadas siguen operando y la información generada es almacenada para su descarga posterior. También tiene dos puertos a los cuales se pueden conectar directamente actuadores o sensores.

Módulo WIRELESS de comunicación. Fuente: proyecto precursor.



Un cuarto tipo de módulo, denominado **Modular Power**, fue agregado posteriormente al proyecto y consiste en un banco de energía que puede ser cargado en una toma de corriente convencional o panel fotovoltaico, cuya función es energizar a los otros módulos en aquellos sitios del predio donde no hay acceso a red eléctrica.

En la siguiente figura se representa la organización de los distintos módulos.



Posterior al proyecto se adaptó el módulo ON/OFF para aceptar la conexión de diversos dispositivos (ventiladores, bombas, cortinas), los cuales también pueden ser manejados desde la aplicación para obtener reportes y datos para retroalimentar la programación del riego u otras acciones. Tanto el diseño del hardware como el software fueron hechos de tal modo que resultan compatibles para la mayoría de los sensores comúnmente utilizados y disponibles en el mercado, de modo que también estos sensores funcionan en modalidad *plug and play*.

Cada uno de los dos dispositivos controlados por el módulo ON/OFF puede funcionar de forma independiente, de acuerdo con las rutinas programadas, y su actuación puede vincularse a los datos recogidos por los sensores. Por ejemplo, puede programarse la apertura de una válvula de riego cuando un sensor detecte un determinado nivel de humedad en suelo, y su cierre cuando este llegue a un nivel deseado. Es decir, existe una amplia gama de combinaciones de funciones, dependiendo de los dispositivos instalados y las necesidades del usuario.

La instalación del sistema no requiere ninguna construcción o modificación de infraestructura, por lo cual puede instalarse fácilmente en un sistema productivo existente, al aire libre

o bajo invernadero. Los módulos no superan los 20 por 10 cm, por lo cual ocupan muy poco espacio y pueden ser adosados mediante abrazaderas en postes o cualquier elemento fijo. Al ponerlos a una altura prudente del suelo se evita que se mojen con el riego o que puedan ser dañados por el paso de alguna maquinaria. Resisten temperaturas sobre los 50 °C, fácilmente alcanzadas bajo invernaderos de la zona norte del país, radiación solar intensa, polvo, humedad y residuos de agroquímicos sobre su superficie.

El diseño de las placas electrónicas es realizado por la misma empresa, que confecciona los prototipos para su validación en campo. Una vez probada su funcionalidad, las placas a mayor escala se encargan a un proveedor externo, para luego realizar el montaje de todos los componentes nuevamente en la empresa. De este modo se asegura un estricto control de la calidad de los equipos.

Los equipos han mantenido su funcionalidad después de 2 a 3 años, sin fallas, pero por protocolo de la empresa los renuevan a los 6 meses para reemplazarlos por material más moderno, lo que es parte del servicio.

Instalación de módulos al aire libre. Fuente: proyecto precursor.



► 3. La innovación tecnológica

Las características diferenciadoras del producto son:

- Se adquiere solo la cantidad que se necesita, partiendo de un mínimo de 1 módulo Central, Wireless y ON/OFF.
- Es escalable, es decir, se pueden ir agregando paulatinamente nuevos módulos para controlar mayor cantidad de válvulas, sensores u otros dispositivos.
- Es auto configurable por el usuario, sin requerir del servicio del proveedor.
- Tiene alta resistencia, incluso a las condiciones de los lugares más áridos del mundo.
- Es capaz de controlar válvulas, sensores y otros dispositivos de manera remota, manual y/o programada, dando la posibilidad de un riego automatizado a todo tipo de productores.
- Permite un gran volumen de transferencia de datos a alta velocidad.
- Por diseño y prestaciones se adapta para ser utilizado ocupando un mínimo de espacio al interior de invernaderos, que predominan en la producción hortícola del extremo norte del país.



El sistema fue diseñado para adaptarse a las características ambientales y productivas del extremo norte del país, donde predomina la horticultura bajo invernadero. En este tipo de cultivos no es posible instalar antenas de radio, por la altura requerida, y los equipos requieren un grado de resistencia al calor y radiación que no se encuentra en la oferta proveniente de zonas templadas. Tampoco se requieren cableados ni tableros eléctricos, por lo cual existe un ahorro de materiales y costo de implementación.

Desde el punto de vista de la demanda potencial, cualquier agricultor que necesite hacer un manejo diferenciado dentro del predio sería un posible usuario de esta tecnología. Mientras mayor sea el grado de precisión del riego y del manejo general, mayor es la pertinencia de implementar un sistema de control. Por ello, los usuarios que deberían tener mayor disposición a la adopción tecnológica serían las empresas semilleras, cuyo principal foco es generar información de alta calidad y detalle sobre el material genético evaluado. Esto fue comprobado en el proyecto, ya que una empresa semillera ubicada en Arica fue la que manifestó mayor interés por realizar ensayos y participar en la cocreación de la solución tecnológica.

En la Región de Arica y Parinacota se encuentran centros de investigación de las principales semilleras del mundo, como Syngenta y Corteva, y empresas nacionales como Tuniche y Mara-seed. Las semilleras realizan una gran cantidad de pequeños proyectos de investigación, con condiciones de riego, fertilización y microclima muy específicas, con altos requerimientos de mano de obra y registro de datos. Para este tipo de empresas un sistema de control automatizado resulta casi indispensable para implementar los planes de producción y recopilar datos.



Otro tipo de usuario potencial son las plantineras, que en la Región de Arica y Parinacota están representadas por empresas como Europlant (la más grande a nivel nacional en producción de plantines de hortalizas), Masterplant, Agro Piemonte y Don Pepo, entre otras. Estas empresas también realizan manejos muy específicos y controlados para el desarrollo de los plantines, por lo cual el manejo automatizado sería un aporte para reducir el uso de mano de obra en labores rutinarias y mejorar la eficiencia de los procesos.

En cuanto a los agricultores comerciales, indudablemente que un mejor control permite hacer un proceso productivo más eficiente, con menor pérdida de agua y un mejor uso de recursos. Esta situación puede darse en cultivos de alto valor y especialmente en cultivos hidropónicos de alta densidad que utilizan micro riegos frecuentes.

Sin embargo, para que esta tecnología exprese todo su potencial, se requiere contar con asesoría adecuada para el diseño de un sistema integral de manejo, donde los dispositivos electrónicos pasan a ser una herramienta de apoyo. Es decir, si no se cuenta con planes de riego acordes a la realidad del predio y de los subsectores dentro de él, el control automatizado no rendirá todos los beneficios esperados. Por lo tanto, para facilitar su adopción por parte de los agricultores debería asociarse a un acompañamiento y capacitación en planificación predial, interpretación de datos y ajuste de planes de manejo.

La unidad de control desarrollada en el proyecto sirvió como base para seguir escalando la tecnología e integrarse en el proceso de desarrollo de la empresa ariqueña Ancestral Tech, que continuó mejorando los modelos, incorporando software y servicios. Actualmente existe una familia de dispositivos, bajo el nombre de Modular, que han ampliado las funcionalidades de los equipos originales.

► 4. El valor de la herramienta desarrollada

De acuerdo con especialistas de la industria, cuando un agricultor incorpora un mínimo de tecnología relacionada con el riego, ya sea un programador, sensor o estación meteorológica, ya hay cerca de un 10 % a un 20 % de ahorro de agua, solo por efecto de conocer con mayor exactitud la demanda del cultivo y/o cuánta agua se está aplicando.

Un estudio más acabado, realizado por el grupo Riego y Ecofisiología de Cultivos, del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, España, ha demostrado los beneficios de los métodos de riego de precisión en plantaciones comerciales, en cuanto a rentabilidad, capacidad de ahorro de agua y fiabilidad. Tras los análisis, los especialistas han concluido que estas técnicas pueden mejorar la producción de ciertos cultivos y reducir hasta un 50 % el consumo de agua, además de ser accesibles para cualquier tipo de usuario.

Es evidente que cualquier método que implique recopilar datos, ya sea del volumen de agua aplicada, temperatura, humedad u otros provenientes de diversos sensores, proporciona insumos valiosos para el análisis y posterior toma de decisiones. Sin embargo, si este análisis no es realizado o no se traduce en acciones concretas, los beneficios potenciales se ven muy limitados.

El aumento de eficiencia en el consumo de agua puede traducirse de distintas formas, dependiendo del tipo de productor: puede generar un ahorro directo, cuando el agricultor es deficitario y requiere comprar agua adicional para suplir la demanda (producir lo mismo gastando menos); puede generar un aumento de beneficio al utilizar el agua ahorrada ampliando la superficie en producción (producir más gastando lo mismo); o puede no generar ni ahorros ni beneficios directos al producir lo mismo con menos extracción de agua de la fuente de origen.

El efecto neto de la incorporación tecnológica dependerá de la solución implementada, su costo y la línea base del predio. En una explotación muy ineficiente, una intervención sencilla podría generar mejoras sustantivas de productividad y ahorro de costos.

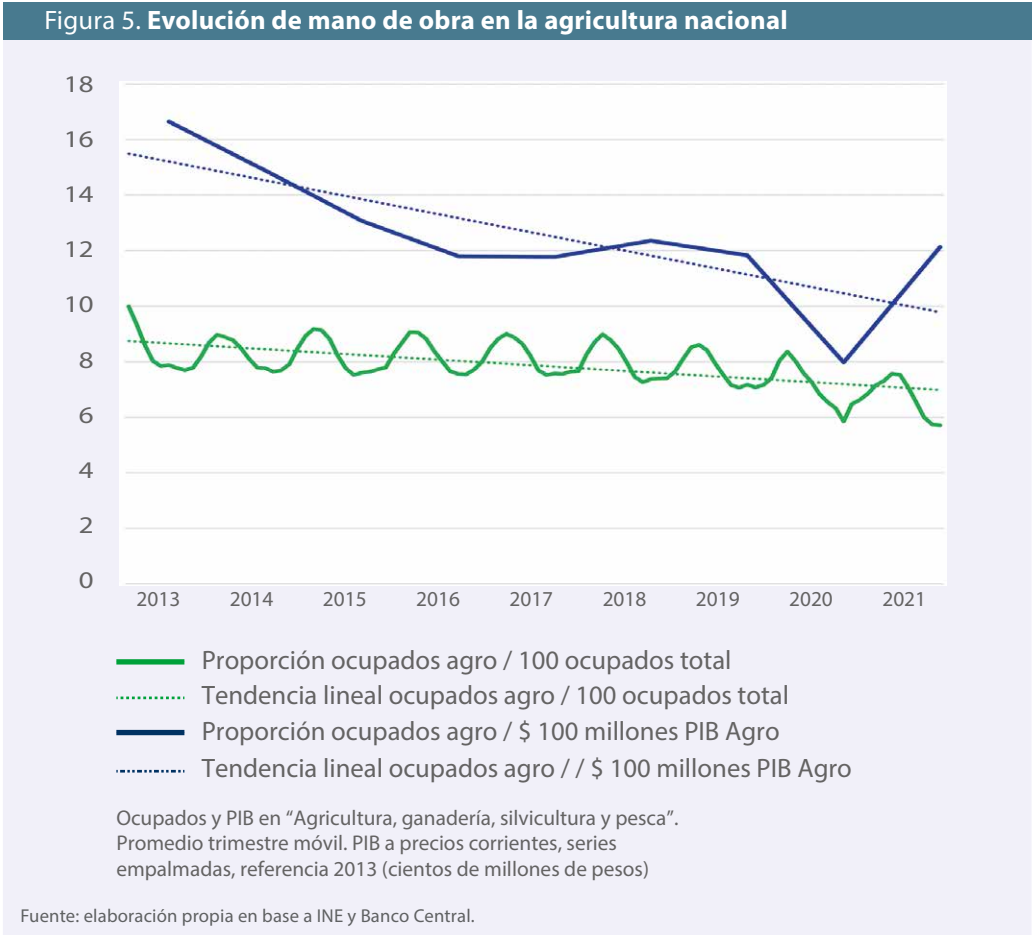
La corrección de zonas subirrigadas o sobreirrigadas, gracias a una adecuada planificación y control, también trae beneficios en productividad, por aumento de rendimiento y calidad de la cosecha.

Desde un punto de vista social, la eficiencia en el uso del agua es fundamental para reducir la presión sobre las ya escasas fuentes de agua dulce, contribuyendo (aunque sea marginalmente) a la recarga de los acuíferos y liberando agua para otros usos socialmente deseables.

Otro beneficio derivado de las tecnologías remotas es que permiten reducir las visitas al terreno sin descuidar el control del predio, lo cual puede ser de gran utilidad en casos de lejanía o dificultad de acceso. También permite que se puedan delegar ciertas tareas, pues el control físico del predio lo puede realizar una persona, mientras que el administrador o la persona encargada de gestionar las estrategias puede aplicar a distancia los cambios que determine convenientes gracias a los informes de quien está presencialmente en el campo. Esto le permite al agricultor o administrador contar con mayor disponibilidad de tiempo para realizar otras actividades relacionadas con el cultivo, como la comercialización del producto o la elección y adquisición de los insumos necesarios.

Aun cuando solo se aplicara un medio de control remoto como el desarrollado en el proyecto, sin retroalimentación en el plan de riego, ya se obtendría un beneficio por la mayor exactitud en la aplicación del plan (por reducción del error humano) y la disminución de horas hombre destinadas a esa tarea. Considerando que la mano de obra es y será un factor cada vez más crítico en la actividad agrícola, cualquier aumento de eficiencia en este sentido debe ser valorado.

Existe numerosa evidencia de que la mano de obra en la agricultura se hace escasa y, por ende, de mayor costo. También se evidencia un cambio en el modelo productivo, donde la participación de la mano de obra en el producto final muestra una tendencia decreciente. Si se analizan las cifras de Chile, en el año 2013 cerca del 8,3 % de la población ocupada se desempeñaba en el sector silvoagropecuario, reduciéndose aproximadamente a 6,9 % en el 2020. Si se relaciona la población ocupada con el producto interno bruto sectorial, se observa que en 2013 se requerían 166 trabajadores para producir \$1.000 millones de PIB silvoagropecuario, cifra que baja a 80 en 2020. Estos indicadores ponen de manifiesto la contracción proporcional de la mano de obra agropecuaria, mientras que el PIB agropecuario creciente con menor uso de mano de obra sugiere un mayor grado de mecanización o automatización de labores.



Situaciones similares se viven en otras naciones. Por ejemplo, en California, el estado agrícola más importante de Estados Unidos, una encuesta realizada por el California Farm Bureau a principios de 2019 mostró que en los anteriores 5 años el 40% de los agricultores encuestados no pudieron conseguir todos los trabajadores que necesitaban para su cultivo principal, especialmente en la fruticultura y vides. Similares resultados se obtienen de la encuesta de



2018 a los 100 principales agricultores de invernadero en Estados Unidos, que ven la mano de obra como el problema más crítico que afecta a su negocio (escasez y aumento de costo).

En este escenario, la automatización de labores rutinarias parece ser una tendencia inevitable, especialmente de aquellas que son intensivas en mano de obra sin agregar valor de forma significativa.

► 5. Conveniencia económica para el productor

Resulta complejo analizar el beneficio económico que aporta el módulo de control desarrollado en el proyecto, sin considerar su interacción con los otros componentes y con la realidad particular de cada predio. Sin embargo, para fines ilustrativos, consideraremos un caso donde solo se implementa el sistema de control, sin sensores ni medidas de retroalimentación, por lo cual solo se obtienen beneficios por mayor precisión en las operaciones y ahorro de mano de obra.

Para ello tomaremos como referencia un productor de tomate injertado de la Región de Arica y Parinacota, bajo invernadero, que utiliza un plan de riego determinado organizado en 6 sectores de riego. El sistema se maneja de forma manual, donde un operador realiza la apertura y cierre de cada válvula de acuerdo con un programa, caminando por los invernaderos.

Este trabajo implica que el regador destina 405 horas al año a esa labor, con un costo equivalente de \$1.012.500. Con un volumen total de agua en estanque de 31.536 m³ (equivalente a un flujo continuo de 1 l/s) y una eficiencia del 70 %, hay una pérdida de 9.461 m³, que a valor de mercado equivalen a \$9.460.800. Este valor de mercado se refiere a la compra de agua en camiones aljibe que un agricultor deficitario debería hacer para suplir su necesidad.

La ineficiencia del 30 % incluye tanto las fallas de diseño del sistema como las fallas humanas del regador al aplicar el programa de riego, es decir, los errores que puede cometer en la operación manual de las válvulas que lo desvían de lo planificado.

El costo de mano de obra y la valorización del agua perdida alcanzan un costo total de \$10.473.300 por año (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros técnicos y costos modelo riego manual	
Variable	Valor
Nº válvulas	6
Tiempo operación manual por válvula (min)	15
Horas día destinadas a riego	1,5
Valor JH 8 horas (\$)	20.000
Costo mensual mano de obra riego (\$)	112.500
Meses producción	9
Costo anual mano de obra riego (\$)	1.012.500
Superficie cultivada (ha)	1,0
Agua disponible anual (m³)	31.536
Eficiencia riego	70%
Volumen agua perdida (m³)	9.461
Valor mercado agua riego (\$/m³)	1.000
Valor anual agua perdida (\$)	9.460.800
Costo total anual manejo manual del riego (\$)	10.473.300

Fuente: elaboración propia.

En un escenario de implementación de control de riego, donde se mantiene el nivel de producción, existe una reducción de cerca del 90 % en mano de obra, ya que solo se requiere una supervisión del funcionamiento de los equipos, siendo la labor de apertura y cierre de válvulas casi instantánea. Se agrega un 10 % de recargo al costo unitario de mano de obra por la mayor capacitación del encargado.

Se estima una vida útil de los equipos de 5 años, aunque este dato no ha sido validado por el corto tiempo transcurrido. En cualquier caso, más que el deterioro físico, se considera más probable la necesidad de reemplazo por actualización del hardware.

La mejora de eficiencia en el riego es modesta, de 70 % a 80 %, ya que solo hay un efecto por una mayor precisión en el cumplimiento del plan asignado, sin realizar mejoras a este. De este modo, al reducir el error humano, la ejecución se ajusta a lo programado, sin desvíos. Por lo tanto, sigue habiendo un volumen de agua considerable que se pierde por ineficiencia, pero que es 3.154 m³ inferior al control manual.

La valorización total de costos en este sistema alcanza a \$7.114.200 (Cuadro 2), lo que arroja una reducción del 32 % respecto al sistema manual (Cuadro 1), equivalente a \$ 3.359.100.

Cuadro 2. Parámetros técnicos y costos del modelo riego controlado con producción constante	
Variable	Valor
N° módulos ON/OFF (2 por válvula)	3
N° módulos Wireless	2
Costo módulo instalado (\$/unidad) ⁵	250.000
Costo total implementación módulos (\$)	1.250.000
Vida útil (años)	5
Costo mantención anual (10% valor inicial)	125.000
Costo anualizado módulos con mantención (\$)	375.000
Electricidad y comunicaciones mensual (\$)	25.000
Costos electricidad y comunicaciones anual (\$)	300.000
HH supervisión mensual	4
Valor HH supervisión con 10% recargo (\$)	2.750
Costo anual mano de obra riego (\$)	132.000
Superficie cultivada (ha)	1,0
Agua disponible anual (m³)	31.536
Eficiencia riego	80%
Volumen agua perdida (m³)	6.307
Costo unitario agua perdida (\$/m³)	1.000
Costo anual agua perdida (\$)	6.307.200
Costo anual manejo automático riego (\$)	7.114.200

Fuente: elaboración propia.

Una segunda forma de abordar este aumento de eficiencia es utilizar el agua “ahorrada” ampliando la superficie productiva, con lo cual no hay reducción en costo de agua, pero sí hay un incremento del beneficio por la mayor producción.

El volumen de agua “ahorrada” permite ampliar en un 10 % la superficie productiva, que mantiene la misma utilidad proporcional por unidad de superficie, pero considerando los costos de implementación del sistema de control que por ser una mayor superficie agrega 1 módulo ON/OFF y mayor trabajo de supervisión, el costo anualizado de implementación y mantención de los módulos llega a \$450.000 (Cuadro 3).

⁵ Valor de \$250.000 por módulo es referencial, ya que el modelo de negocio se orienta a la prestación de un servicio más que a la venta de equipos, y su valor depende de las necesidades específicas del usuario.

Cuadro 3. Parámetros técnicos y costos del modelo riego controlado con producción aumentada	
Variable	Valor
Nº módulos ON/OFF (2 por válvula)	4
Nº módulos Wireless y Control	2
Costo módulo instalado (\$/unidad)	250.000
Costo total implementación módulos (\$)	1.500.000
Vida útil (años)	5
Costo mantención anual (10 % valor inicial)	150.000
Costo anualizado módulos con mantención (\$)	450.000
Electricidad y comunicaciones mensual (\$)	33.333
Costos electricidad y comunicaciones anual (\$)	400.000
HH supervisión mensual	5
Valor HH supervisión con 10 % recargo (\$)	2.750
Costo anual mano de obra riego (\$)	176.000
Costo anual manejo automático riego (\$)	1.026.000

Fuente: elaboración propia.

El beneficio final comparado entre el modelo de control manual (Cuadro 1) y el modelo de control remoto con producción aumentada (Cuadro 3) arroja también un saldo positivo a favor de este último de \$ 2.545.429, superior en un 10 % al beneficio sin utilización de la tecnología.

Cuadro 4. Beneficio comparado entre modelo riego manual y riego controlado con producción aumentada		
Variable	Manual	Controlado c/producción aumentada
Agua disponible efectiva (m³)	22.075	25.229
Superficie cultivada (ha)	1,0	1,1
Utilidad tomate (\$/ha)	25.000.000	25.000.000
Costo adicional implementación (\$)	-	1.026.000
Utilidad total (\$)	25.000.000	27.545.429
Diferencial utilidad (\$)		2.545.429

Fuente: elaboración propia.

Evidentemente, la magnitud del beneficio depende directamente del aumento del nivel de eficiencia logrado en el riego. Como se ve en el siguiente cuadro, cualquier aumento de eficiencia genera un incremento de utilidad y reducción de costo, manteniendo la proporcionalidad de los demás parámetros. Aun cuando la eficiencia se mantuviera en 70 %, la reducción de la mano de obra por sí sola genera un beneficio al reducir los costos.

Para alcanzar niveles de eficiencia superiores al 85 %, probablemente debiesen incorporarse otras mejoras, como ajuste del programa de riego según demanda, lo que implicaría el uso de sensores y otros dispositivos que deberían ser valorados en cada caso.

Cuadro 5. Beneficio comparado entre modelo riego manual y riego controlado con producción aumentada

Modelo	Mantiene eficiencia 70 %		Mejora eficiencia de 70 % a 75 %		Mejora eficiencia de 70 % a 80 %		Mejora eficiencia de 70 % a 85 %	
	\$	%			\$	%	\$	%
Riego controlado con producción constante: reducción costo anual	205.500	2%	1.782.300	17%	3.359.100	32%	4.935.900	47%
Riego controlado con producción aumentada: aumento utilidad anual	-	-	759.714	3%	2.545.429	10%	4.331.143	17%

Fuente: elaboración propia.



► 6. Claves de viabilidad

Existe múltiple evidencia internacional de que la inversión en tecnología agrícola es rentable desde el punto de vista privado y social. Sin embargo, el Banco Mundial advierte que invertir en I+D no es suficiente. Si una empresa o país invierte en innovación, pero no puede importar también las máquinas necesarias, contratar trabajadores y especialistas capacitados o recurrir a nuevas técnicas organizativas, los retornos de esa inversión serán bajos.

Es así como la adopción de nuevas tecnologías, incluyendo aquellas consideradas como parte de la Agricultura 4.0, requiere de una serie de condiciones que de acuerdo con el McKinsey Global Institute afectan la forma y celeridad con que las empresas las adoptan. Estas incluyen la factibilidad técnica, los costos, el beneficio económico y dos condiciones que dicen relación con el factor humano:

- **Condiciones del mercado laboral:** la digitalización requiere de un mercado laboral altamente preparado con las habilidades necesarias para manejar las nuevas tecnologías. Además, la automatización de ocupaciones, labores y/o tareas está determinada, entre otros aspectos, por el costo de oportunidad en relación con, por ejemplo, el nivel salarial de los trabajadores, en los casos en que el costo de los salarios supere al costo de instalación e implementación de la alternativa tecnológica.
- **Regulación y aceptación social:** incluso si para una empresa resulta beneficiosa la adopción de una tecnología, se requiere cierto tiempo para que sea aceptada por la sociedad, siendo particularmente incómoda la reacción que pueden tener los trabajadores, en general, ante la idea de ser reemplazados por ella.

Ya en el año 2009, en un estudio encargado por ODEPA sobre el estado de la agricultura de precisión en Chile, se advertía que los principales desafíos para la adopción de la tecnología en el agro eran: desarrollar modelos de transferencia tecnológica que permitan mejorar el conocimiento sobre esta temática y su difusión a nivel de los distintos sistemas productivos; mejorar la capacitación a nivel técnico-profesional para fortalecer fundamentos teóricos y crear una cultura de innovación; y finalmente simplificar la tecnología y reducir sus costos. Es decir, dos de los tres desafíos hacen directa referencia a las personas, como eje de la adopción tecnológica.

Conclusiones similares obtuvo CORFO en el proyecto SmartAgro – Digitalización de Cadenas Agroalimentarias. En el informe del año 2014, al analizar el uso de las nuevas tecnologías, se evidencia que la agricultura nacional dispone de un capital humano de baja calificación en capacidades de implementación tecnológica. La escasez de recurso humano capacitado para desempeñarse en estas áreas es uno de los mayores problemas que el país debe resolver, para canalizar eficientemente la inversión en investigación, desarrollo e innovación en

el sector. Las razones principales serían dos: la baja cantidad de profesionales tecnológicos especializados en Ciencias Agrícolas y el bajo nivel técnico de los agricultores.

La empresa chilena PMG publicó un reporte donde describe su estudio “Comportamiento del Cliente Agrícola 2016”. En él se señala que un 34 % de los agricultores nacionales no invierte en equipamiento tecnológico y los que lo hacen realizan inversiones con una frecuencia mayor a 5 años. Un alto porcentaje de los agricultores declaró realizar sus compras de tecnología en distribuidores tradicionales del agro, los cuales no cuentan permanentemente con una oferta de nuevas tecnologías para el sector.

Diversos especialistas nacionales declaran diagnósticos similares a los señalados anteriormente. En un artículo publicado en la Revista del Campo, el 26 de marzo de 2018, el encargado nacional de Agricultura de Precisión de INIA afirmaba que existe un gran déficit de capacitación en los operadores a nivel de campo, con escaso conocimiento para interpretar los datos generados por los diversos dispositivos, los que sin el procesamiento adecuado no agregan valor al agricultor.

Resulta fundamental emplear mecanismos de difusión, transferencia y capacitación que permitan a los productores y especialistas del sector conocer las ventajas de las nuevas herramientas tecnológicas, en lugares donde se pueda aprender el funcionamiento de los equipos e interactuar en terreno con ellos. Esto lleva a la implementación de los *smart fields* o “campos inteligentes”, centros demostrativos que se encuentran en desarrollo en todas partes del mundo y que INIA está implementando en sus estaciones experimentales.

Los dispositivos tecnológicos, como el desarrollado por el proyecto precursor, por sí solos no agregan valor a la actividad, sino que requieren de personal capacitado que realice la configuración de los parámetros de funcionamiento, monitoree los resultados y los interprete para retroalimentar las medidas de manejo.



► 7. Asuntos por resolver

El prototipo desarrollado en el proyecto cumplió plenamente la finalidad para la cual fue diseñado, validándose su uso y funcionamiento en predios de la Región de Arica y Parinacota. Sin embargo, por las características del producto y la industria en la que se inserta, se encuentra en permanente mejora, adaptación y expansión, por lo cual a la fecha existen versiones ampliadas y mejoradas del producto, así como una visión del negocio enfocada a la prestación de servicios tecnológicos más integrales.

El éxito de la adopción de esta tecnología, como se indicó anteriormente, depende en gran medida de la existencia de capital humano capacitado en la operación de los equipos y especialmente en la interpretación de los resultados. Por lo tanto, se hace necesario promover activamente estos servicios entre agricultores, profesionales y asesores agrícolas de las zonas de interés.

El proyecto precursor

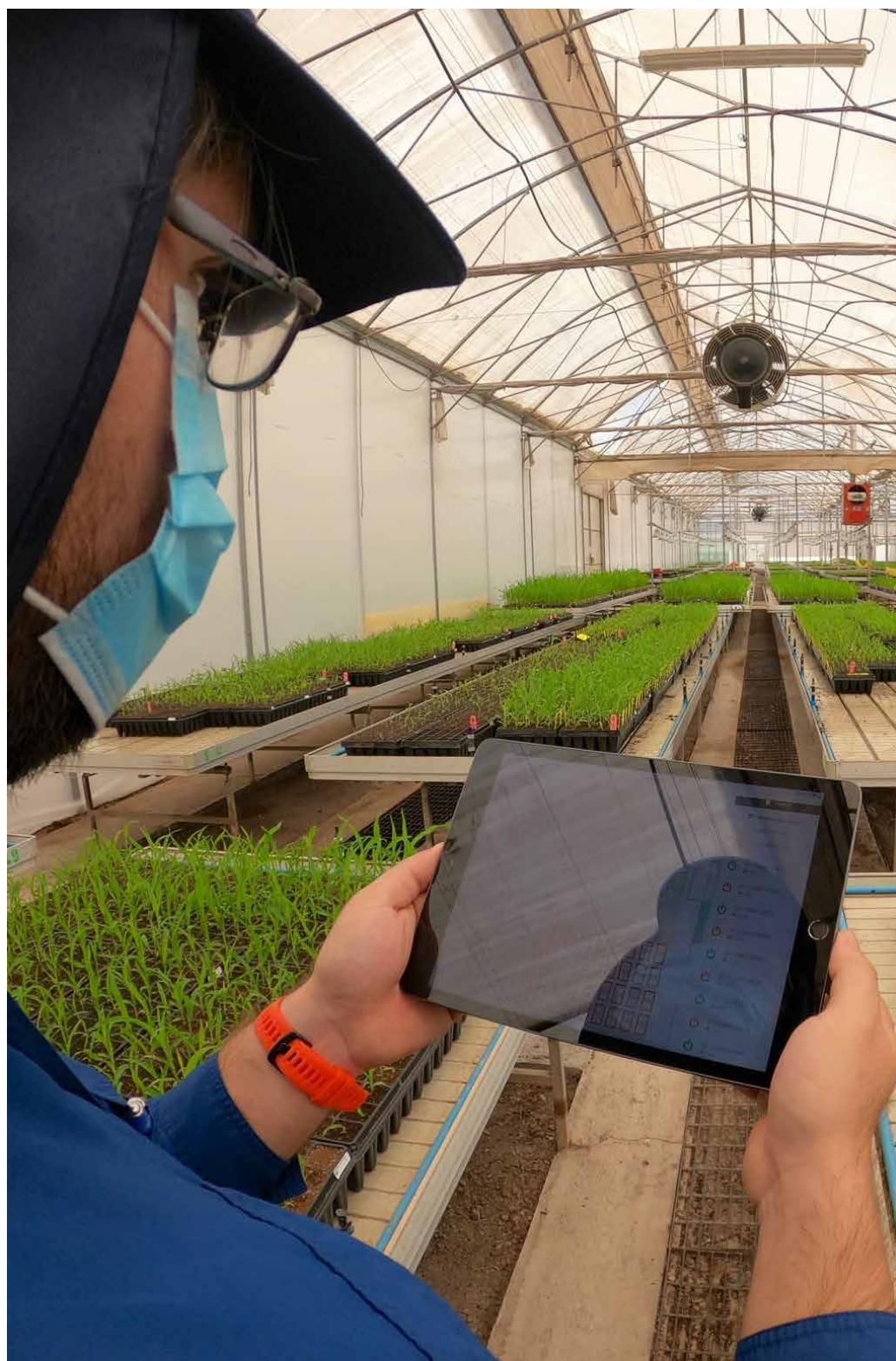
► 1. Validación de la tecnología

El proyecto “Control remoto de válvulas Latch” tuvo una duración de 1 año, finalizando en diciembre de 2019. Su objetivo fue desarrollar y validar un controlador remoto autónomo/manual para electroválvulas de riego tipo Latch, ajustado a las necesidades de pequeños y medianos agricultores.

Se estructuró en torno a los siguientes objetivos específicos:

1. Conocer el volumen del mercado relevante para el producto en desarrollo.
2. Diseñar el prototipo mediante software.
3. Crear prototipo de controlador.
4. Programación de la plataforma de control.
5. Validación en terreno y difusión.





Optimización y automatización de riego en empresa semillera. Fuente: proyecto precursor.

El proyecto desarrolló diversas metodologías que generaron resultados verificados de carácter técnico, los que pueden agruparse en torno a las siguientes líneas de trabajo:

Análisis de mercado y clientes potenciales

En base a entrevistas con pequeños, medianos y grandes agricultores de la Región de Arica y Parinacota, se determinó que el control del recurso hídrico es una de las principales preocupaciones; sin embargo, la disponibilidad para invertir en tecnología nueva es baja. Son los agricultores medianos y grandes quienes se manifestaron más propensos a invertir en tecnología, mientras que los agricultores más pequeños se muestran mejor dispuestos cuando observan uno de sus pares que ya ha realizado una inversión exitosa.

Estos antecedentes llevaron al proyecto a implementar las pruebas piloto en empresas semilleras regionales que, por las características de su proceso productivo, resultaron mucho más interesadas en participar de la iniciativa.

Diseño de prototipo

En una primera etapa se terminó de desarrollar el diseño electrónico del dispositivo de control de las válvulas solenoides y de envío de información, de modo de contar con un modelo acorde a estándares y normativas internacionales que permitan, eventualmente, encargar la manufactura fuera del país.

Una vez ajustado el diseño, se procedió a la manufactura de la placa electrónica con sus distintos componentes mecánicos y electrónicos que permiten la comunicación de datos.



Vistas del módulo de control de válvulas. Fuente: proyecto precursor.

Posteriormente se adquirió un módulo de comunicación, encargado de recoger la información del módulo controlador de las válvulas y enviar los paquetes de datos a la nube mediante 3G. Este módulo de comunicación trabaja con código abierto, permitiendo la integración directa y sencilla del dispositivo de control.

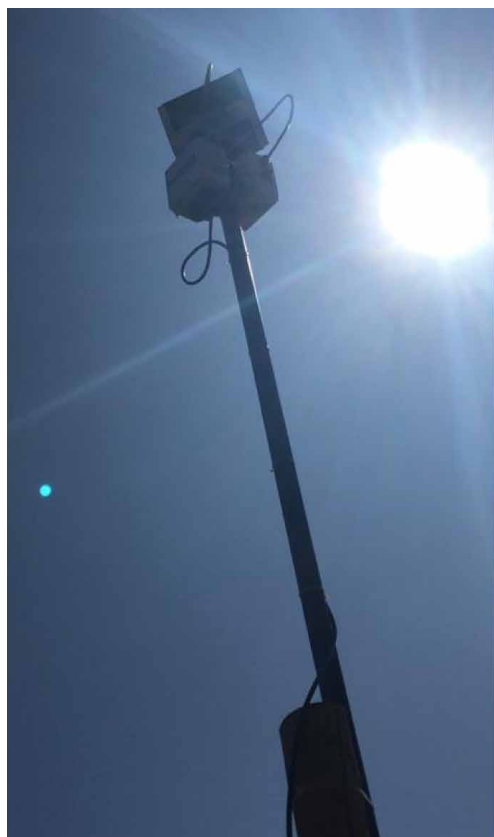
Se diseñó un software web que permite controlar el sistema y visualizar los datos, integrando una plataforma para operar y gestionar las operaciones de riego.

Todos estos elementos fueron evaluados y ajustados, verificando su buen desempeño a nivel de laboratorio.

Implementación del sistema en campo

Se realizaron algunas pruebas del prototipo en campos de semilleras de la Región de Arica y Parinacota, con excelentes resultados de operación y resistencia a las condiciones climáticas.

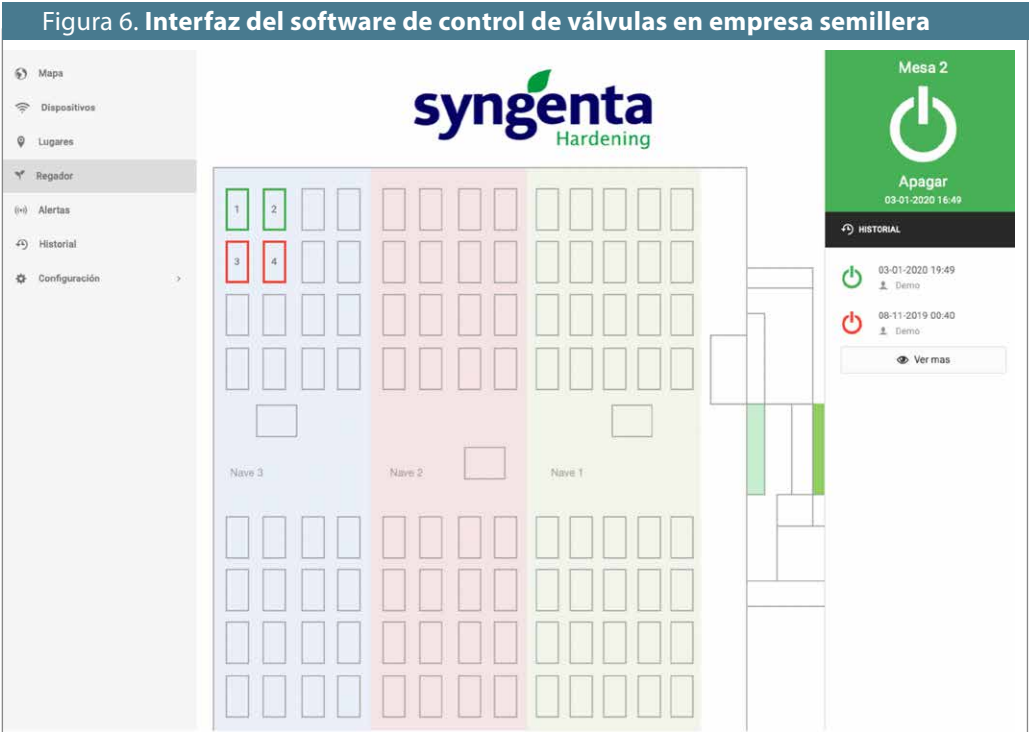
Cabe señalar que la implementación del piloto en una empresa semillera incluyó no solo el hardware desarrollado por el proyecto, si no que se hizo un completo rediseño del sistema de riego. Es por ello por lo que los resultados fueron excelentes, reduciendo las pérdidas de agua de un 60 % a un 10 %. Solo por concepto del fertilizante que se drenaba fuera del sistema, por el fertirriego, se estima un ahorro de 30 a 40 mil dólares al año. El personal destinado al riego se redujo de 4 a 2, y mejoró la calidad de las plantas, con una tasa de éxito que subió de 80 % a 95 %. Junto con ello, el ahorro en agua contribuyó al cumplimiento de las políticas globales de eficiencia hídrica y responsabilidad social empresarial de la empresa, siendo una experiencia muy bien evaluada por la gerencia.



Instalación de prueba versión solar en agricultor
Fuente: proyecto precursor.



Instalación y recolección de datos en semillera
Fuente: proyecto precursor.



Fuente: proyecto precursor.

► 2. La asesoría

El sistema de módulos se caracteriza por la simplicidad de su configuración, instalación y operación, pero la asesoría del proveedor es necesaria para analizar la factibilidad de instalación y la puesta en marcha de los dispositivos. Una vez implementado, el sistema opera de forma automática, siendo necesaria solo la supervisión de funcionamiento que requiere todo dispositivo electrónico.

En cuanto a los datos generados, estos pueden ser visualizados y descargados por el usuario mediante una interfaz sencilla, en cualquier equipo, sea computador, tablet o smartphone. El proveedor también puede brindar un servicio de reportes y análisis, personalizado según necesidades del cliente, así como dar soporte técnico en caso de algún desperfecto o necesidad de actualización de los módulos.

La configuración de los parámetros iniciales, la interpretación de los datos y el ajuste de los programas de manejo son responsabilidad del usuario, por lo cual es clave contar con las competencias para llevar a cabo un buen programa de manejo productivo.

► 3. Estado de ejecución actual

El emprendedor que desarrolló el proyecto ha continuado ampliando funcionalidades del producto y generando alianzas regionales para potenciar su escalamiento. Es así como se genera una vinculación permanente con WAKI Labs, espacio de *cowork* regional, y con la empresa Ancestral Technologies, proveedora del primer módulo de comunicación.

A la fecha ya han vendido varias decenas de unidades de la innovación a diferentes sub-sectores de la agricultura local, y se han realizado las primeras exportaciones de muestras a Marruecos.

Si bien el producto se creó solo para encender y automatizar dos válvulas de riego, gracias al aprendizaje y el *feedback* de los clientes se ha ido convirtiendo en un módulo que permite automatizar diversos procesos en la industria agrícola. Por ejemplo: con un módulo se puede encender una bomba, un ventilador y un motor eléctrico, permitiendo abrir las cortinas de un invernadero y, a su vez, encender una electroválvula dando inicio al riego. También es compatible con diversos sensores existentes en el mercado, cuya información es recogida y almacenada del mismo modo que los datos del programa de riego. Si se requiere un sensor específico no compatible, se puede adaptar la conexión. La empresa se encarga de recomendar y comprar los sensores, y reemplazarlos en caso de falla.

El modelo de negocio se ha enfocado, más que en la venta de unidades de hardware, en la prestación de un servicio permanente que incluye: la provisión de las unidades requeridas



Prototipos con nueva imagen y diseño de módulos. Fuente: proyecto precursor.

(Modular, Wireless y Power) según el nivel de precisión buscado; la instalación; entrega de reportes; soporte técnico; y reemplazo de equipos en caso de falla. Todo ello dirigido de forma muy clara a la agricultura del desierto, dentro o fuera de Chile.

El emprendimiento ha sido destacado por autoridades y medios de comunicación, tanto regionales como nacionales. La Revista del Campo del diario El Mercurio, en su edición especial del 14 de junio de 2021, destacó al ejecutor por su aporte a las tecnologías del agro hechas en Chile. El proyecto resultó ganador del Premio Nacional de Innovación Avonni, categoría Agro del Futuro FIA, y en la categoría El Sol ISA Intervial, lo cual marca una nueva etapa para la empresa, teniendo una visibilidad nacional que le permitirá optar a nuevas oportunidades de crecimiento.

Actualmente la empresa cuenta con el apoyo de PROCHILE para la prospección internacional de clientes y para la búsqueda de inversionistas para potenciar su crecimiento.

El valor del proyecto precursor y aprendido

Resulta indudable que un mayor control de las diversas tareas realizadas en una explotación agrícola permite identificar con mayor precisión los problemas y áreas de mejora, para implementar medidas correctivas o preventivas para una mayor productividad y sustentabilidad.

En la medida en que se desarrollan herramientas más sofisticadas, tanto en su capacidad para coleccionar datos de manera expedita y ponerlos a disposición del usuario, como en su adaptación a las condiciones locales, se pone en manos del usuario más y mejor información para una mejor toma de decisiones.



Fuente: www.avonni.cl



 Premio Nacional de Innovación

MODULAR

Modulo de sensores para la industria agrícola de zonas extremas el cual ayuda a maximizar el uso de agua hasta en un 95%.

GANADOR AVONNI

Agro del Futuro FIA 2021

CO-ORGANIZA   **EL MERCURIO TVN**

Fuente: www.avonni.cl

El dispositivo desarrollado resultó efectivo para el control de válvulas de riego de forma inalámbrica, con una baja inversión inicial y gran flexibilidad a las necesidades del agricultor. El éxito alcanzado llevó al equipo ejecutor a continuar desarrollando nuevos dispositivos bajo la misma lógica modular, no solo circunscritos al control de válvulas de riego, si no que también para posibilitar la conexión de diversos tipos de dispositivos electrónicos, como sensores, bombas o luminarias, entre otros.

Por el carácter modular de la tecnología, la inversión no es una barrera para su adopción, ya que el usuario adquiere las unidades que necesita para el nivel de detalle que requiere según las particularidades de su proceso. Es así como se constató que, a mayor necesidad de un control detallado, mayor es la disponibilidad para adoptar la tecnología. Por ello, los usuarios más interesados en realizar el pilotaje del sistema fueron empresas semilleras, cuyo objetivo central es precisamente analizar de forma detallada el desempeño de las variedades estudiadas, bajo estrictas condiciones de control. Para estas empresas un sistema como

el desarrollado resulta una herramienta valiosísima, ya que permite obtener gran cantidad de datos con alta fiabilidad sobre material genético de alto valor.

La rentabilidad de la incorporación de la tecnología depende directamente del uso que haga el agricultor de los datos levantados, puesto que el sistema se configura de acuerdo con los parámetros que el usuario decida. Es decir, es el agricultor o su asesor quien determina el programa de riego, siendo el sistema electrónico el encargado de ejecutar ese programa de forma precisa e informar cuando se produzca algún desvío. Es el propio usuario quien debe tomar las medidas para corregir ese desvío, por lo cual la tecnología no reemplaza la experiencia y el conocimiento del operador. Lo mismo ocurre con todas las posibles funcionalidades que pueden combinarse, como sensores u otros actuadores, siendo siempre el operador quien toma las decisiones. Por lo tanto, el aporte real de la tecnología es dotar al agricultor de una herramienta objetiva y precisa de trabajo, pero el beneficio final dependerá del uso que se haga de ella.

La experiencia de aplicación demostró que, en combinación con otras medidas de optimización del sistema de riego, es posible aumentar de forma significativa la eficiencia en el uso del recurso hídrico, reduciendo el consumo de agua y mejorando la productividad.

Siendo una tecnología de origen regional, desarrollada para las condiciones de esa misma región, se asegura un soporte técnico permanente y fluido, sin dependencia de proveedores de la zona central o extranjeros. Por lo tanto, las respuestas a los requerimientos del usuario pueden ser inmediatas y sin representar costos adicionales.

Anexos

Anexo 1. Bibliografía consultada

Anexo 2. Entrevistas realizadas

ANEXO 1. Bibliografía consultada

- Abioye, E.A., Abidin, M.S., Mahmud, M.S., Buyamin, S., Ishak, M.H., Rahman, M.K., Otuoze, A.O., Onotu, P., & Ramli, M.S. (2020). *A review on monitoring and advanced control strategies for precision irrigation*. *Comput. Electron. Agric.*, 173, 105441. DOI:10.1016/j.compag.2020.105441
- Avello-Fernández, L., Izaguirre, E., Vidal, M., Martínez, A., & Hernández, L. 2018. *Remote supervision and control based on wireless technology to operation of central pivot irrigation machine*. *Sistemas & Telemática*, 16(44), 63-74. DOI:10.18046/syt.v16i44.2788.
- Banco Mundial. 2017. Cirera, Xavier, and William F. Maloney. *The Innovation Paradox: Developing-Country Capabilities and the Unrealized Promise of Technological Catch-Up*. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-1160-9.
- Banco Mundial. 2020. Fuglie, Keith, Madhur Gautam, Aparajita Goyal, and William F. Maloney. *Harvesting Prosperity: Technology and Productivity Growth in Agriculture*. Washington, DC: World Bank. DOI:10.1596/978-1-4648-1393-1
- Best, S. y P. Vargas. 2020. *Aplicación de la agricultura tecnológica 4.0*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias - Informativo N° 148. Chile.
<<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/4011/NR42318.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>
- CORFO. *Proyecto SmartAgro – Digitalización de Cadenas Agroalimentarias*. Chile.
<<http://www.agendaproductividad.cl/wp-content/uploads/2014/10/Proyecto-Smart-Agro-%E2%80%93-Digitalizaci%C3%B3n-de-Cadenas-Agroalimentarias-1.pdf>>
- Del Val, J. 2016. *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto, España. <<http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>>
- FAO. 2019. *Tecnologías Digitales en la Agricultura y las Zonas Rurales. Documento de Orientación*. Trendov, N., Varas, S. y M. Zeng. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. <<http://www.fao.org/3/ca4887es/ca4887es.pdf>>
- Grand View Research. 2020. *Precision Farming Market Size, Share & Trends Analysis Report by Offering, by Application (Yield Monitoring, Weather Tracking, Field Mapping, Crop Scouting), by Region, and Segment Forecasts, 2020 - 2027*.
<<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/precision-farming-market>>

ISPAD. 2021. International Society of Precision Agriculture.

<<https://www.ispag.org/about/definition>>

Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P. y M. Dewhurst. 2017.

Un Futuro que Funciona: Automatización, Empleo y Productividad. McKinsey Global Institute.

<<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/digital%20disruption/harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/a-future-that-works-executive-summary-spanish-mgi-march-24-2017.ashx>>

ODEPA, 2009. Estudio *Alcance de la agricultura de precisión en Chile: estado del arte, ámbito de aplicación y perspectivas*. Informe de resultados. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Chile.

<<https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2009/07/AgriculturaDePrecision.pdf>>

ODEPA. 2019. *Potenciales Efectos de la Agricultura Digital sobre el Mercado Laboral Agropecuario*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.

<<https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2020/01/InformeAgriculturaDigital2019.pdf>>

Pham, X., & Stack, M. (2018). *How data analytics is transforming agriculture*. Business Horizons, 61(1), 125–133. doi:10.1016/j.bushor.2017.09.011

PMG. 2016. *Radiografía Agrícola 2016. Comportamiento del Agricultor*. 3ª versión, mayo.

<<https://www.pmgchile.com/wp-content/uploads/2016/12/Estudio-Agricola-PMG.pdf>>

Roland Berger Strategy Consultants GmbH, 2015. *Business opportunities in precisión farming*. Munich, Germany.

<https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_business_opportunities_in_precision_farming_20150803.pdf>

ANEXO 2. Entrevistas realizadas

Nombre	Cargo
Christian Aravena Fuentealba	Ingeniero Civil Mecánico, Gerente de Operaciones Ancestral Technologies SpA, Arica. Ejecutor proyecto precursor.
Henry Cárcamo Calderón	Ingeniero Agrónomo, Project Manager Syngenta Arica. Encargado aplicación de sistema piloto.
Boris Vicencio Ramírez	Ingeniero Agrónomo A&B Consultores, Región de Arica y Parinacota. Asesor cultivos protegidos y sistemas de gestión agrícolas.

157



SERIE EXPERIENCIAS DE INNOVACIÓN PARA EL EMPRENDIMIENTO AGRARIO
