

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES



Implementación y gestión de riego mediante sensores FDR en el cultivo de “vid” *Vitis vinífera* L., bajo condiciones de campo en
Pisco - Ica

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO**

AUTOR

Heber Luna Quispe

ASESORA

María del Carmen Villegas Montoya

Huaura, Perú

2024

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del autor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (obligatorio)	

Datos del Jurado

Datos del presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos de la obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma (Normal ISO 639-3)	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES

ACTA N° 017-2024-UCSS/FCAA-JD

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO**

Siendo las 11:30 horas del día viernes 05 de julio de 2024, a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado del Trabajo de Suficiencia Profesional, integrado por:

María Eugenia del Carmen Viloría Ortín

Mónica Gabriela Beaumont Valdez

se reunió para la sustentación virtual del Trabajo de Suficiencia Profesional titulado 'Implementación y gestión de riego mediante sensores FDR en el cultivo de "vid" *Vitis vinífera* L., bajo condiciones de campo en Pisco - Ica' que presenta Heber Luna Quispe, quien es Bachiller en Ciencias Agrarias, cumpliendo así con los requerimientos de presentación y sustentación de un trabajo de suficiencia profesional original, para obtener el Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado lo declara:

Aprobado

En mérito al resultado obtenido, se eleva el presente Acta al Decanato de Ciencias Agrarias y Ambientales, a fin de que se declare EXPEDITO, para conferirle el título profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

Lima, viernes 05 de julio de 2024

En señal de conformidad firmamos,

María Eugenia del Carmen Viloría Ortín

Mónica Gabriela Beaumont Valdez

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Lima, 19 de julio de 2024

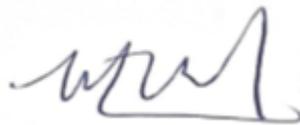
Señor,
José Victor Ruíz Ccance
Jefe del Departamento Académico
Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales UCSS

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que el trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: 'Implementación y gestión de riego mediante sensores FDR en el cultivo de "vid" *Vitis vinífera* L.), bajo condiciones de campo en Pisco - Ica', presentado por Heber Luna Quispe, (código de estudiante 2015101423, y DNI 46901014) para optar el título profesional de Bachiller en Ciencias Agrarias, ha sido revisado en su totalidad por mi persona y CONSIDERO que el mismo se encuentra APTO para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se la ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 0 %**. Por tanto, en mi condición de asesora, firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



María del Carmen Villegas Montoya

DNI N° 42150340

ORCID N° 0009-0006-7452-9339

Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL	2
ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
TRAYECTORIA DEL AUTOR	10
I. EL PROBLEMA	12
1.1. Planteamiento del problema	12
1.1.1. Problema principal	14
1.1.2. Problemas secundarios	14
1.2. Objetivos	14
1.2.1. Objetivo General	14
1.2.2. Objetivos específicos.....	14
1.3. Justificación.....	15
1.4. Alcances y limitaciones.....	16
1.4.1. Alcances	16
1.4.2. Limitaciones	16
II. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes	17
2.2. Definición de términos básicos	19
III. PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN	21
3.1. Metodología de la solución	21
3.2. Desarrollo de la solución.....	23
3.2.1. Etapa 1: planificar	24
3.2.2. Etapa 2: hacer	25
3.2.3. Etapa 3: verificar	29
3.2.4. Etapa 4: Actuar.....	31
3.3. Factibilidad técnica-operativa	31
IV. ANÁLISIS CRÍTICO.....	33

4.1.	Cuadro de inversión.....	33
4.2.	Análisis de costos – beneficio	34
V.	APORTES MÁS SIGNIFICATIVOS A LA EMPRESA	36
VI.	CONCLUSIONES.....	37
VII.	RECOMENDACIONES	38
	REFERENCIAS	39
	ANEXOS	45

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama de la empresa donde se desarrolló el proyecto.....	10
Figura 2. Instalación del sensor y los componentes en el poste.....	27
Figura 3. Sensor FDR instalado en la línea de cultivo	27
Figura 4. Equipo completo del sensor FDR instalado en campo.....	28
Figura 5. Líneas de gestión definidas.....	29
Figura 4. Gráfico del sensor de humedad	32
Figura 5. Gráfico de la sonda 1	48
Figura 6. Gráfico de la sonda 2.....	48
Figura 7. Gráfico de la sonda 3.....	49
Figura 8. Gráfico de la sonda 4.....	49
Figura 9. Informe de la instalación de las sondas.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Actividades del proyecto con el ciclo de PHVA.....	22
Tabla 2. Matriz FODA.....	23
Tabla 3. Balance hídrico de la campaña 2022-2023.....	25
Tabla 4. Líneas de gestión para el riego de acuerdo con la fenología de la vid.....	28
Tabla 5. Balance hídrico de la campaña 2023-2024.....	30
Tabla 6. Comparativo de consumo de agua de la campaña 2022-2023 y 2023-2024.....	31
Tabla 7. Costo por equipo y servicio de instalación de 4 sensores FDR	34
Tabla 8. Valorización del consumo de agua antes y después del uso del sensor FDR.....	36
Tabla 9. Cuadro Gantt.....	43

RESUMEN

El Perú es el primer exportador de uva de mesa a nivel mundial, con una producción de 71,4 millones de cajas (8,2 kg/caja) en la campaña 2022-2023. Sin embargo, el desarrollo de este cultivo se da en ecosistemas desérticos, donde el agua es un limitante y el manejo del riego es un gran desafío. Este proyecto, que se presenta a continuación, consiste en la implementación de sensores FDR (Reflectometría en el dominio de la frecuencia) para la gestión del riego en el cultivo de “vid” *Vitis vinífera* L., bajo las condiciones de campo en Pisco, Ica. El objetivo general de este proyecto es gestionar adecuadamente el riego en el cultivo de vid, para lo cual se instalaron cuatro sensores FDR en el campo, con el fin de monitorear el comportamiento de la humedad en el suelo en tiempo real y, asimismo determinar las frecuencias y momentos adecuados de riego. Como resultado de este trabajo, se logró mejorar la gestión del riego, reduciendo el consumo de agua en un 19,33 % equivalente a 307 543 m³ por campaña en todo el fundo, confirmando que la implementación de sensores FDR permite mejorar la gestión del riego en el cultivo de vid, optimizando el consumo de agua y generando un ahorro para la compañía.

Palabras clave: riego, sensor FDR, calicata, línea de gestión, agua subterránea.

ABSTRACT

Peru is the leading exporter of table grapes worldwide, with a production of 71,4 million boxes (8,2 kg/box) in the 2022-2023 campaign. However, the development of this crop occurs in desert ecosystems, where water is a limitation and irrigation management is a great challenge. This project, which is presented below, consists of the implementation of FDR sensors (Frequency Domain Reflectometry) for irrigation management in the cultivation of “vine” *Vitis vinifera* L., under field conditions in Pisco, Ica. The general objective of this project is to properly manage irrigation in grape growing, for which four FDR sensors were installed in the field, in order to monitor the behavior of humidity in the soil in real time and also determine the appropriate irrigation frequencies and times. As a result of this work, it was possible to improve irrigation management, reducing water consumption by 19,33%, equivalent to 307 543 m³ per campaign throughout the farm, confirming that the implementation of FDR sensors allows for improved irrigation management. in grape cultivation, optimizing water consumption and generating savings for the company.

Keywords: irrigation, FDR sensor, trial pits, manageent line, underground wáter, evapotranpiration.

INTRODUCCIÓN

La implementación de los sensores FDR (Reflectometría en el dominio de la frecuencia) en el cultivo de vid, se planteó de acuerdo al objetivo principal: en primer lugar, se requería implementar herramientas tecnológicas en el cultivo de vid, con la finalidad de optimizar la gestión del riego. En segundo lugar, se necesitaba reducir el consumo de agua utilizado para el riego en el cultivo de vid, ya que se regaba en exceso. Finalmente, implementar un programa de riego a través del uso de los sensores.

Las fuentes que se tuvieron en cuenta para llevar a cabo la implementación y ejecución de este proyecto fueron de procedencia internacional. Como referencia se tiene a: García (2016), quien realizó el trabajo titulado “diseño de sensores de humedad del suelo basados en técnicas de Reflectometría en el dominio de la frecuencia (FDR)”, donde señalan que los sensores FDR detectan variables muy relevantes en la agricultura. Por otro lado, Fernández (2018), llevó a cabo un análisis del estudio titulado “Comparación entre dos tipos de sensores de humedad del suelo para programación del riego”, confirmando que los usos de sensores para la programación del riego permiten ahorrar agua. Por último, Buena (2013), realizó un estudio titulado “determinación del estado hídrico del suelo mediante sensores FDR en vid cv. Moscatel de Alejandría, regada por goteo”, llegando a la conclusión de que el análisis de las tendencias de la información proporcionada por el sensor, posibilita la planificación de los riegos.

Asimismo, Hidalgo *et al.* (2003) menciona que esta herramienta brinda la oportunidad de comprender el estado hídrico del suelo y su evolución, permitiendo monitorear los riegos, la identificación de pérdidas por percolación y la regulación adecuada de agua de riego en el perfil enraizado del suelo.

El cultivo de vid donde se desarrolló el proyecto se encuentra situado en un suelo desértico, de textura arenosa, por lo que la escasez de agua es la mayor limitante para desarrollar una agricultura competitiva. Dado que es necesario extraer aguas subterráneas a través de pozos

y conducir a los reservorios, toda esta actividad requiere gasto de energía eléctrica y por ende recursos económicos. Por lo tanto, este proyecto se justifica debido a que posibilita la gestión eficiente del uso del agua, con el fin de disminuir el consumo de energía debido al riego excesivo y mejorar la producción.

La estructura del presente trabajo se inicia con las diversas opciones de trabajo en el campo de la agricultura, que me permitió adquirir experiencia, complementando con los conocimientos adquiridos en la universidad. Este trabajo consta de las siguientes partes: Parte I, se describe el problema principal en la empresa agrícola y los problemas secundarios, del mismo modo, los objetivos planteados para resolver la problemática. Parte II, contiene el marco teórico. Parte III, la propuesta de la solución, indicando detalladamente el proceso para lograr el objetivo. Parte IV, se describe la rentabilidad de la solución planteada. Parte V, se indican los aportes más significativos a la empresa una vez finalizado el proyecto. Parte VI, albergan las conclusiones del proyecto. Parte VII, contiene las recomendaciones. Por último, en la parte final del documento se registran las referencias bibliográficas para poder ampliar los conocimientos teóricos y los anexos.

TRAYECTORIA DEL AUTOR

a. Descripción de la empresa

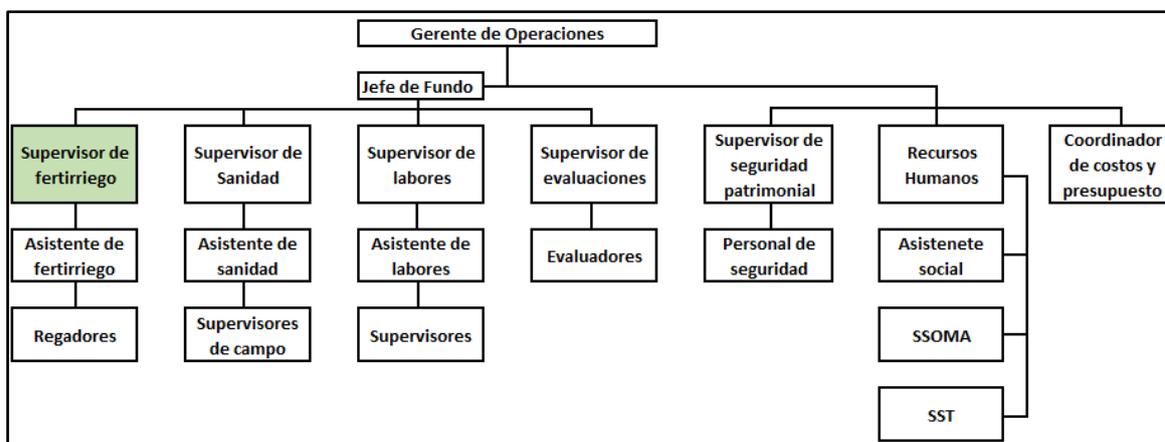
Este proyecto se implementó en una empresa dedicada a la producción y exportación de productos agrícolas. Esta inició sus operaciones en el valle de Ica en la década de los noventa con el cultivo de espárrago, palta, uva de mesa, y a partir del 2017 con el arándano. La empresa cuenta con tres zonas de producción: dos en el departamento de Ica (Santiago y Pisco) y uno en la provincia de Barranca, Lima. La sede ubicada en la provincia de Pisco, está en una zona desértica. Por lo que es muy importante el manejo adecuado del recurso hídrico, por ser escaso. En esta zona, se está cultivando uva de mesa, de las variedades Timpson con 110 hectáreas y Allison con 10 hectáreas. El sistema de riego es por goteo y el suministro de agua es mediante pozos. En los meses de enero a mayo, cuando hay avenida, se capta del río Pisco.

En la figura 1, se puede ver la estructura organizativa de la empresa, la cual aún no está publicada, pero por las funciones que realiza cada área, lo puedo estructurar de esta manera, tal como se ve en la figura 1.

b. Organigrama de la empresa

Figura 1

Organigrama de la empresa donde se desarrolló el proyecto



c. Área donde se desempeña y funciones inherentes al cargo que ocupa

En la empresa donde se desarrolló el proyecto, tengo el cargo de supervisor de fertirriego del cultivo de vid de las variedades Timpson y Allison, tal como se menciona en la Figura 1. Como encargado del área de fertirriego, me encargo de planificar y ejecutar planes de riego y fertilización durante la campaña, con la finalidad de mejorar la producción. Tomando en cuenta la escasez de agua y el costo alto de captarla de los pozos, por la distancia a la zona de producción, se plantea el uso de diferentes herramientas para gestionar eficientemente el uso de agua para riego, al principio realizando evaluaciones de suelo mediante calicatas para determinar la lámina adecuada de riego y, por último, el uso de sensores FDR (Reflectometría en el dominio de la frecuencia) y TDR (Reflectometría en el dominio del tiempo) para evaluar y monitorear el contenido volumétrico de agua en el suelo. Con la ayuda de estas herramientas se determinaron tanto el momento oportuno como la cantidad de agua necesaria para cada etapa fenológica del cultivo.

Finalmente, como responsable del área de fertirriego, también me encargo de realizar el presupuesto para la campaña, así como de los fertilizantes, número de jornales, requerimiento hídrico para toda la campaña y otras adquisiciones de acuerdo a la necesidad del proceso productivo. Asimismo, realizo el plan nutricional y de riego por etapa fenológica, seguimiento nutricional, programación de mantenimiento del sistema de riego y otras actividades de acuerdo a la necesidad.

d. Experiencia profesional realizada en la empresa

A mediados del año 2022 ingresé a la empresa con el cargo de supervisor del área de fertirriego, para verificar la implementación de todos los componentes del área, como: zona de filtrado, instalación del sistema de riego, implementación de las mesas de fertilización, realizar los presupuestos de riego, fertilización y jornales, implementación de BPA (Buenas Prácticas Agrícolas) en toda el área para la certificación y manejo propiamente dicho del riego del cultivo de vid. Por último, seguimos implementando más áreas de cultivo de vid y con una proyección para instalar palto.

I. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El Perú es el líder en la exportación de uva de mesa a nivel mundial (Asociación de Productores de Uva de mesa del Perú [Provid], 2023), destacando las regiones Ica, Piura, Lambayeque, La Libertad y Arequipa, como los principales productores. En el año 2023, Perú exportó uvas por US\$ 1 745 millones 479 mil, lo que representó un alza de 30 % en relación con el 2022, que se cuantificó en US\$ 1 346 (Asociación de Exportadores [ADEX], 2024).

Sin embargo, la región Ica enfrenta una situación de escasez de agua. Usar agua subterránea es una buena forma de solucionar ese problema. No obstante, la recuperación de los acuíferos depende del ciclo hidrobiológico, y cuyos niveles han disminuido con el tiempo, afectando su disponibilidad y calidad. El uso eficiente del agua ha sido un desafío en las últimas décadas, y la tecnología de riego ha sido una excelente herramienta para satisfacer la demanda de agua porque promueve la optimización del uso de los recursos naturales (Allen, 2017a).

El proyecto fue desarrollado en la zona desértica de Pisco, a 450 m s.n.m. El suelo donde se estableció el cultivo de uva es un suelo no retentivo de humedad, de formación eólica y primario, con textura arenosa y una presencia mínima de arcilla de 1 a 2 % y limo de 2 a 3 % en algunas zonas. De enero a marzo, las temperaturas alcanzan sus puntos más altos, llegando a los 31,5 °C. De junio a agosto, las temperaturas más bajas alcanzan los 12,5 °C. En cuanto a la evapotranspiración, la media anual es de 3,23 mm, con el máximo entre enero y marzo de 5,45 mm. Durante todo el año, solo se registran 2,5 mm de lluvia, lo que convierte a esa zona en un desierto extremadamente seco.

Para realizar el riego del cultivo de uva de mesa, la empresa extrae agua de pozos, llegando a un caudal de 70 LPS (litros por segundo). Este recurso es trasladado por 4 km, teniendo un reservorio intermedio a los 1,8 km y los restantes se vuelven a impulsar con bombas hasta

llegar al reservorio principal. El proceso requiere mucha energía porque se necesita impulsar, ya que las fuentes de agua están lejos y hay un desnivel positivo de 180 metros entre la fuente de agua y el reservorio principal.

En dicha compañía, la gestión del riego era ineficiente, se regaba en volúmenes altos cuando la planta no lo demandaba y en momentos inoportunos, lo que afectaba el rendimiento. Este tipo de manejo de riego requería una gran cantidad de agua; debido a la distancia entre la fuente de agua y la zona de cultivo, el consumo de energía por metro cúbico resultaba costoso. La falta de herramientas para monitorear el riego en campo fue la principal causa de esta problemática.

Para abordar esta problemática, se planteó la instalación de sensores FDR en cuatro lotes representativos del fundo. Para ello, se realizó la sectorización del campo de cultivo, tomando como indicador el tipo de suelo y la topografía. Los sensores instalados en el suelo miden la humedad cada 10 cm de profundidad, hasta llegar a los 90 cm de profundidad y pueden monitorear continuamente el contenido volumétrico del agua en el suelo en tiempo real, lo que permite tomar decisiones sobre la relación agua-aire, la frecuencia y el tiempo de riego mediante gráficas de contenido de humedad en el suelo. Los gráficos también se pueden usar para determinar la humedad ideal del suelo al mantener el agua en la zona de raíces activas, evitando la pérdida por infiltración, y como un indicador para determinar hasta qué profundidad llegarán los fertilizantes durante el proceso de la fertilización, tomando en cuenta que el exceso de riego puede aumentar el movimiento de los fertilizantes por debajo de la zona de raíces y no ser aprovechados por la planta para su desarrollo.

Con la implementación de esta tecnología se logró gestionar de forma eficiente el riego en el cultivo de vid, reduciendo el volumen de agua aplicada anualmente y, por consiguiente, el ahorro en energía, fertilizantes, así como mejorar la productividad.

1.1.1. Problema principal

Deficiente gestión del riego en el cultivo “vid” *Vitis vinífera* L., bajo condiciones de campo en Pisco – Ica.

1.1.2. Problemas secundarios

- Deficiencia en herramientas tecnológicas para gestionar el riego en el cultivo de “vid” *Vitis vinífera* L.
- Exceso en el consumo de agua para riego en el cultivo de vid
- Deficiente programa de riego de acuerdo a la necesidad del cultivo de vid

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo principal

Optimizar la gestión del riego en el cultivo de “vid” *Vitis vinífera* L., bajo condiciones de campo en Pisco - Ica.

1.2.2. Objetivos secundarios

- Implementar herramientas tecnológicas para gestionar el riego en el cultivo de “vid” *Vitis vinífera* L.
- Reducir el consumo de agua utilizado en el cultivo de vid durante la campaña.
- Implementar un programa de riego usando las herramientas tecnológicas en el cultivo de vid.

1.3. Justificación

El desarrollo de la agricultura en un ecosistema de desierto, como es habitual en la región Ica, implica superar muchas limitaciones. Uno de los principales factores a considerar es el recurso hídrico. En consecuencia, el uso adecuado de este recurso es de vital importancia para que la agricultura sea sostenible y rentable. Este proyecto se desarrolla en una empresa que se dedica al cultivo de la uva de mesa. Dicho sembrío está ubicado en una zona desértica de Ica.

Considerando que el agua es un recurso natural limitado, es necesario invertir en tecnología para gestionar de manera eficiente el riego y mejorar la rentabilidad del cultivo. Asimismo, dentro del desarrollo sostenible de los objetivos de las Naciones Unidas, el International Water Management Institute (2019) recomienda reducir la demanda hídrica en la producción, mediante el uso de herramientas digitales.

La producción de uva de mesa en Perú tuvo un incremento del 10 % en la campaña 2022-2023, respecto a la campaña anterior. Posicionando al país como el primer exportador de uva de mesa en el mundo, con una producción de 71,4 millones de cajas de 8,2 kg durante dicha campaña (Provid, 2023). De los cuales, el departamento de Ica tiene el 46 % de la producción, seguido por Piura con el 41 %, Lambayeque con el 6 %, La Libertad un 4 %, Arequipa y Lima tienen porcentajes más inferiores (Portal frutícola, 2023).

Tomando en cuenta lo señalado anteriormente, se planteó implementar los sensores TDR (Reflectometría en el dominio de la frecuencia) en el campo de cultivo, con el objetivo de lograr un estatus de humedad adecuado en el suelo, manteniendo el agua aplicada en la zona de raíces activas y evitando las pérdidas por infiltración profunda. Además, la información obtenida por los sensores se envía a un software Irrimax que se encarga a integrar la información sobre la humedad del suelo, clima y planta de forma gráfica, permitiendo realizar ajustes a tiempo en las estrategias de riego, logrando perfeccionar en la gestión de riego.

Finalmente, la implementación de los sensores de humedad, según Diestre (2017), logra disminuir significativamente el volumen de agua aplicado anualmente en el cultivo de vid y palto, llegando a regar un 20 a 50 % menos de lo proyectado, bajo condiciones de Chile.

1.4. Alcances y limitaciones

1.4.1. Alcances

Mediante el uso de sensores FDR en el cultivo de vid, se logró cumplir con el objetivo general de optimizar la gestión del riego, dotando de agua en el momento oportuno y cantidad adecuada de acuerdo a la necesidad de la planta, reduciendo el consumo anual de agua en el cultivo y logrando una buena rentabilidad en la empresa.

1.4.2. Limitaciones

- Falta de conocimiento sobre el uso de sensores en el manejo de riego del cultivo de vid.
- Acceso limitado al internet en algunas zonas del campo de cultivo, lo cual dificulta el envío de información a la plataforma irrimaxlive, que se encarga de mostrar en forma de gráficos el comportamiento volumétrico de la humedad en el suelo.
- Costo elevado de la implementación de los sensores de humedad, lo cual se vuelve poco accesible a la mayoría de los productores de uva.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

García (2016), llevó a cabo una investigación titulada “Diseño de sensores de humedad del suelo basados en técnicas de reflectometría en el dominio de la frecuencia (FDR)”, con el objetivo de establecer un sensor de bajo costo, y posteriormente instalar en el campo y realizar la calibración. Para desarrollar el prototipo, utilizó la plataforma Arduino como herramienta de procesamiento y control. El prototipo desarrollado analiza temperatura, humedad en el suelo y el aire, y dispone de la capacidad de transmitir los datos registrados a través de un enlace de comunicación por radio a bajo costo. Finalmente, los resultados alcanzados fueron satisfactorios, debido a la implementación de un sensor FDR completo con todas las partes de su estructura, lo cual otorgó resultados aceptables en comparación con un sensor comercial del mismo tipo. Este antecedente reforzó la propuesta que se realizó a la empresa, para la instalación de sensores FDR como medio para gestionar el riego eficientemente.

Por otro lado, Fernández (2018) realizó el trabajo titulado “Comparación entre dos tipos de sensores de humedad del suelo para la programación del riego”, con el propósito de implementar un sistema de programación del riego enfocado en la evaluación del contenido hídrico del suelo a través de sondas de humedad en un cultivo de caqui rojo brillante en una parcela de 2,3 hectáreas. En este estudio, se instalaron dos tipos de sondas de humedad FDR. Se implementaron sondas capacitivas EnviroScan de la marca australiana Sentek, así como sondas 10HS de la marca comercial Decagon Devices. Después de cinco meses de estudio (junio-octubre), se llevó a cabo una comparación de la programación del riego semanal a partir de la información de la semana anterior utilizando los tres métodos siguientes, el primero basado en la información climática, el segundo en las lecturas de la sonda EnviroScan y el tercero usando la sonda 10HS. La programación del riego semanal se facilitó mediante el análisis de las lecturas de la sonda de humedad. La observación de la dinámica de la humedad del suelo, además de proporcionar una amplia variedad de información, propició una gestión más efectiva del riego. Durante el tiempo de investigación, la planificación del riego en función de los sensores de humedad experimentó ahorros importantes en la dosis de agua a emplear, generando un ahorro promedio del 40 % con la

sonda EnviroScan y del 25 % con la 10HS en comparación con la programación basada en los datos meteorológicos. En ambas sondas, hay un ahorro considerable de agua, lo cual se traduce en menos gasto en la producción. Tal como se indica en el trabajo, los sensores ayudan a reducir el consumo de agua.

Asimismo, Ferrándiz (2017) desarrolló la investigación titulada: “Estudio del manejo del agua de riego mediante sensores de humedad”. Este trabajo fue desarrollado en el cultivo de cerezo, donde se comparó la demanda de agua utilizando dos métodos: el primero, tomando en cuenta el balance hídrico de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Y, por último, el consumo de agua basado en reflectometría en el dominio de la frecuencia (FDR). El propósito de la investigación fue examinar la metodología como una estrategia de mejoramiento en el uso de los recursos hídricos, que permita la recolección de datos acerca del comportamiento del agua en el suelo para mejorar la productividad de los cultivos. Para el estudio instaló 3 sensores a diferentes profundidades en el perfil de suelo y los datos fueron registrados para su posterior análisis e interpretación. El resultado que obtuvo muestra que la programación del riego con sensores de humedad redujo el consumo de agua en un 46,3 % del riego esperado sin reducir el rendimiento.

Finalmente, Buesa (2013), realizó un estudio titulado “Determinación del estado hídrico del suelo mediante sensores FDR en vid cv. Moscatel de Alejandría regada por goteo”. Este estudio buscó validar la fiabilidad de las medidas de sondas del tipo FDR sin calibración específica del suelo bajo ciertas condiciones agronómicas y climáticas y analizar su utilidad como indicadores del estado hídrico de las plantas. Para ello, evaluó la humedad del suelo hasta 1,5 m de profundidad en 6 cepas de 2 tratamientos de riego, regada por goteo y desarrolló una metodología de cálculo del balance hídrico. Concluyó que, independientemente del error al determinar el valor absoluto de la humedad del suelo, los sensores tipo FDR por sí solos no son herramientas confiables para calcular el equilibrio de humedad y deben complementarse. En cuanto al estado hídrico de las plantas, señaló que con el aporte del 50 % de riego deficitario se logró mantener condiciones hídricas adecuadas en la planta.

2.2. Definición de términos básicos

- Riego: es considerado una técnica agrícola que permite satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos (Williams y Matthew, 1990). Por otro lado, Saldarriaga (2012) define el riego como la aplicación de agua en la zona de raíces de manera oportuna y uniforme (Lagunas, 2013).
- Riego deficitario controlado (RDC): es una práctica donde el suministro de agua de riego no repone completamente la demanda evaporativa del cultivo (ETc) durante periodos de tiempo específicos, para ahorrar agua y mejorar los resultados productivos de los cultivos (Redagrícola, 2020).
- Sensores FDR: también se conoce como sondas de capacitancia, usa la técnica de reflectometría de dominio de frecuencias, basados en la respuesta a cambios en la constante dieléctrica (Dane, Topp, & Ferré, 2002). Este sensor puede registrar en tiempo real el contenido de humedad del suelo (Martí, Turégano & Gonzales, 2011).
- Textura: es la proporción de arena, limo y arcilla de diferentes formas y tamaños. Es la propiedad física principal del suelo ya que afecta directamente la aireación, drenaje, fertilidad, contenido de materia orgánica y otras propiedades (FAO, 2018). Está relacionado directamente con la capacidad del suelo para conservar la humedad (Sánchez, 2000).
- Contenido volumétrico del agua en el suelo: es el contenido de agua dentro de una unidad de volumen de suelo. El suelo agrícola está compuesto por partículas de suelo, agua y aire. Un suelo sin contenido volumétrico de agua o suelo seco tiene aire en todos los espacios porosos, mientras que un suelo saturado, tiene agua en todos los espacios porosos (Mora, 2020).
- Calicata: es una perforación que se realiza en el suelo con medidas variables, normalmente de 1 x 1 x 1 metro. Permite realizar una inspección visual del perfil de suelo; asimismo, se pueden verificar las raíces, evaluar el contenido de humedad, ver la estructura y textura, y otros de acuerdo a la necesidad (Portalfruticola, 2016).

- Línea de gestión: son parámetros o indicadores referenciales para medir el contenido de agua en el suelo. Se dividen en: Nivel lleno, capacidad de campo, relleno temprano (alto metabolismo), Punto de recarga (bajo metabolismo), inicio de estrés y punto de marchitez permanente (Callejas *et al.*, 2013)
- Capacidad de campo: se refiere a la cantidad de agua relativamente constante que contiene el suelo saturado después de 48 horas de drenaje (Shaxson y Barber, 2005). Según Zúñiga (2014), recomienda dejar drenar el agua por 24 horas una vez saturada y para suelos arcillosos durante 48 horas.
- Punto de marchitez permanente (PMP): es el estado de humedad del suelo donde la raíz de la planta no puede absorber agua del suelo y se marchita sin poder retomar la turgencia, ya que el agua está en potencial mátrico de 15 bares superior a la capacidad de absorción de la raíz. Varía de acuerdo con el tipo de suelo (Silva *et al.*, 2015).
- Evapotranspiración: es la cantidad de agua que se pierde en forma de vapor, si es del suelo se dice evaporación y si es de la planta es por la transpiración (Allen *et al.*, 2006). Asimismo, la FAO (2006), indica que es la demanda evaporativa de la atmósfera sobre cultivos que crecen en áreas grandes bajo condiciones óptimas de agua en el suelo.
- Potencial hídrico: fisiológicamente es considerado el balance entre los flujos de absorción y transpiración de agua por medio de la energía necesaria para extraer el agua contenida en los tejidos foliares (Alburqueque, 1993). Una forma de determinar el potencial hídrico es utilizando una cámara de presión (Scholander *et al.*, 1964).
- Superávit hídrico: se refiere a la disponibilidad de agua superior al 25 % por un tiempo de 30 días, respecto a la demanda aprobada PADH (Plan de Aprovechamiento de las Disponibilidades Hídricas) (ANA [Autoridad Nacional del Agua], 2014).
- Frecuencia de riego: es el número de veces que se riega en un periodo determinado. Es de acuerdo al tipo de suelo y la demanda del cultivo (Ministerio de Desarrollo Social, 2017).

III. PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN

3.1. Metodología de la solución

Para encontrar la solución al problema presentado, se utilizó como metodología el ciclo de PHVA o también conocido como ciclo de Deming (ver tabla 1). Este método se utiliza para mejorar continuamente los procesos y productos en una organización. Consta de cuatro etapas, iniciando por planificar, hacer, verificar y, por último, actuar. Asimismo, se utilizó como guía un análisis FODA (ver tabla 2).

Esta metodología se utilizó para el desarrollo de todos los objetivos del proyecto, como se puede observar a continuación:

Tabla 1

Actividades del proyecto con el ciclo de PHVA

Etapas del ciclo de PHV	Actividades
Planificación	- Planteamiento de la idea al área de producción
	- Cotización de los sensores
	- Planteamiento de la idea a la gerencia
	- Aprobación de la gerencia
Hacer	- Realizar el diagrama de gantt para alcanzar los objetivos
	- Ubicación de los puntos representativos para la instalación del sensor
	- Elección del proveedor
	- Generar y aprobar la orden de compra
	- Instalación de los sensores FDR
Verificar	- Revisión y definición de las líneas de gestión
	- Generar el acta de conformidad por la instalación
	- Lectura de los gráficos
	- Recopilación y análisis de los datos obtenidos por la implementación de los sensores

- Comparativo de los consumos de agua sin el uso y con sensor

Actuar - Seguimiento al funcionamiento de los sensores en campo

Tabla 2

Matriz FODA

	Fortalezas – F	Debilidades – D
	La organización quiere invertir en tecnología.	Insuficiente presupuesto para la implementación de los sensores FDR.
	Recurso humano motivado por adoptar nuevas tecnologías.	Falta de conocimiento sobre el uso de sensores FDR.
	Tener proveedores de sensores FDR disponibles.	Acceso limitado al internet en algunas zonas del fundo, que dificultan enviar la información de los sensores FDR.
Oportunidades – O	Estrategias – FO	Estrategias – DO
Reducción de la huella hídrica y obtener certificaciones por la buena gestión del riego (Spring, Certificado azul). Obtener mejores rendimientos en la producción de uva de mesa asegurando la oportuna dotación de agua en el riego.	Invertir en tecnología para gestionar el riego. Capacitar al personal para que aproveche la tecnología en el manejo de riego.	Buscar más proveedores en el mundo con precios más competitivos. Determinar el estatus óptimo de humedad del suelo con la ayuda de los sensores FDR.
El incremento de la oferta de sensores FDR a precios más competitivos.	Tener alianzas estratégicas con los proveedores para la transferencia tecnológica.	Proponer la instalación de antenas wifi para mejorar el acceso a internet.

Amenazas – A	Estrategias - FA	Estrategias – DA
Bajo rendimiento del cultivo de vid, por falta de gestión de riego.	Aprovechar al máximo el potencial de los sensores FDR.	Realizar una propuesta de costo beneficio de los sensores a la empresa.
Déficit hídrico, por mala racionalización del agua.	Mejorar la gestión del agua, para evitar el déficit hídrico.	Transferencia tecnológica en la gestión de riego por parte de los proveedores de sensores.
Reducción de la frontera agrícola por falta de agua.	Realizar un balance hídrico adecuado con el apoyo de los sensores para ampliar la frontera agrícola.	Proponer la instalación de antenas Wifi, no solamente para los sensores de humedad, si no para la transformación digital en el todo fundo.

3.2. Desarrollo de la solución

Para lograr los objetivos planteados se desarrolló la metodología del ciclo de Deming o también llamado ciclo de PHVA. Asimismo, a través del método FODA se planteó la gestión de riesgos, resaltando las fortalezas y oportunidades, se propuso la estrategia denominada “Implementación y gestión de riego mediante sensores FDR”, con el propósito de gestionar eficientemente el riego, reducir el volumen de agua aplicado durante la campaña y determinar el estatus óptimo de humedad en el suelo usando sensores FDR.

Como antecedentes, el consumo de agua en la campaña 2022-2023, sin usar los sensores, fue 13 261 m³/ha/año, sumando un total de 1 591 344 m³/año por las 120 hectáreas de uva. Asimismo, la oferta hídrica por la producción de dos pozos, sumando 70 LPS (Litros por segundo). En toda la campaña acumularon 1 655 640 m³/año, trabajando 18 horas al día, en algunos casos hasta 24 horas, durante todos los meses del año, sin considerar posibles fallas en los equipos de bombeo, teniendo un superávit de 64 296 m³/año como reserva (ver Tabla 3). Este superávit no permite ampliar más el área de cultivo.

Tabla 3*Balance hídrico de la campaña 2022-2023*

Año	Mes	Producción (m³)	Consumo (m³)	Diferencia (m³)
2022	Marzo	140 616	143 809	-3 193
2022	Abril	136 080	169 192	-33 112
2022	Mayo	140 616	131 303	9 313
2022	Junio	136 080	80 334	55 746
2022	Julio	140 616	79 321	61 295
2022	Agosto	140 616	78 073	62 543
2022	Setiembre	136 080	76 465	59 615
2022	Octubre	140 616	77 949	62 667
2022	Noviembre	136 080	166 167	-30 087
2022	Diciembre	140 616	204 562	-63 946
2023	Enero	140 616	210 118	-69 502
2023	Febrero	127 008	174 051	-47 043
	Total	1 655 640	1 591 344	64 296

3.2.1. Etapa 1: planificar

Considerando los resultados obtenidos descritos en el párrafo anterior, realicé actividades previas que detallo en la carta Gantt (ver anexo, Tabla 9) con el fin de lograr los objetivos propuestos. En primer lugar, planteé la idea al área de producción sobre el uso de sensores FDR, al mismo tiempo coticé los sensores a dos proveedores que tenían disponibles los equipos, ya con los precios de instalación, planteé la propuesta a la gerencia agrícola. Una vez aceptada la propuesta, organicé la instalación.

Se planificó desde el planteamiento de la idea, hasta la puesta en marcha del sensor. Se determinaron los costos de instalación y los plazos para la puesta en marcha. Todo este proceso fue planificado para ejecutar en cuatro meses y el resto del tiempo consistió en dar el seguimiento a los sensores.

3.2.2. Etapa 2: hacer

Una vez aceptada la propuesta, se contactó al proveedor para oficializar la orden de compra y planificar la implementación y puesta en marcha de los sensores en el campo de cultivo. Luego de fijar la fecha de instalación y con el historial que se tenía de la clasificación de suelo, se identificó 4 puntos representativos en el campo de cultivo, los cuales sirvieron como referencia para los otros lotes cercanos.

La instalación de los sensores se realizó en dos días. El primer día se instalaron los sensores y los postes para el soporte de la antena de comunicación y en el segundo día se configuró el software del sistema hasta dejar operativo (ver Figura 2, 3 y 4).

Figura 2

Instalación del sensor y los componentes en el poste



Figura 3

Sensor FDR instalado en la línea de cultivo

**Figura 4**

Equipo completo del sensor FDR instalado en campo



Finalmente, se definieron las líneas de gestión de la gráfica de las sondas para dar el seguimiento de la humedad en el suelo y de esta manera contar con unos parámetros para el inicio de cada riego y las frecuencias.

Las líneas de gestión, son unos parámetros preestablecidos que se configuran en la plataforma Irrimax, tomando en cuenta las necesidades del cultivo y el tipo de suelo. Estas líneas se pueden ver en los gráficos que muestra la plataforma. Las líneas muestran un límite superior donde indica que el suelo está completamente saturado, otra línea intermedia que representa la capacidad de campo y, por último, una línea inferior donde indica el estado de estrés hídrico. Esta parte del proyecto optimiza el uso de agua, reduciendo el consumo y siendo eficiente para el cultivo (ver Tabla 4 y Figura 5).

La tabla 4 indica las líneas de gestión de acuerdo con la fenología del cultivo de vid. Para cada fenología se maneja un umbral diferente, de acuerdo con la necesidad de la planta.

Tabla 4

Líneas de gestión para el riego de acuerdo con la fenología de la vid

Fenología	Inicio de riego	Fin de riego
Brotación	Alto metabolismo	Capacidad de campo
Floración	Alto metabolismo	Full point
Cuajado y crecimiento de baya	Capacidad de campo	Full point
Maduración/envero	Alto metabolismo	Full point
Cosecha	Alto metabolismo	Capacidad de campo
Post cosecha	Bajo metabolismo	Capacidad de campo

El sensor, a través del software Irrimax, integra la información del contenido de humedad en el suelo, clima y planta y los envía en forma de gráficos a una computadora o celular, tal como se puede ver en las figuras 5, 7, 8, 9 y 10. Ese gráfico es una sumatoria de los sensores que están distribuidos a cada 10 cm de profundidad. Se interpreta tomando en cuenta las líneas de gestión que son puntos referenciales, lo cual permite tomar decisiones en relación agua-aire, frecuencia y tiempo de riego.

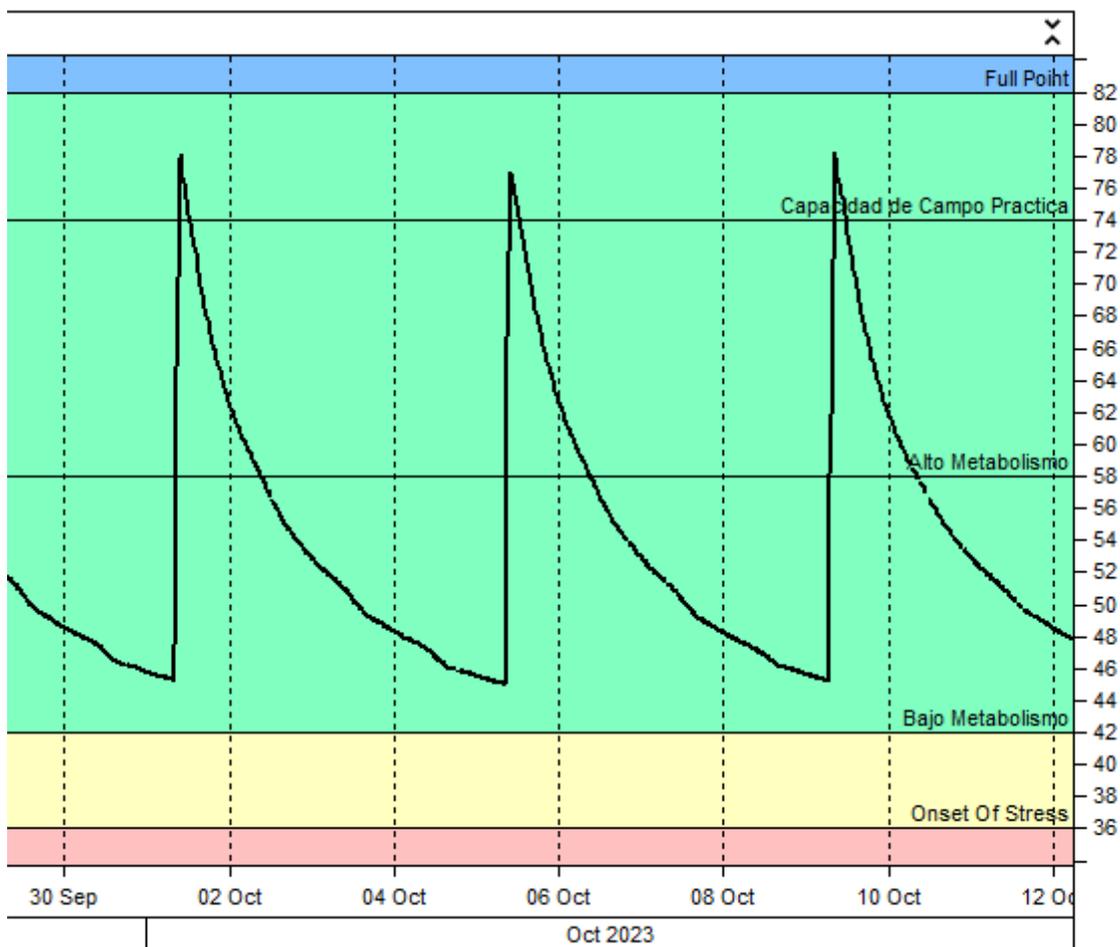
Esas líneas se pueden ver en la parte derecha del gráfico, como se puede ver en la Figura 5. El Full point o nivel lleno indica la cantidad máxima de agua que puede contener el suelo sin que se produzca la percolación, seguido por la capacidad de campo que es el estado de equilibrio de la humedad, bajo metabolismo o zona de reposición, la zona de amarillo es el

inicio de estrés y la zona de rojo es el punto de marchitez permanente donde hipotéticamente la planta no puede extraer el agua del suelo. Es el punto donde no se debería llegar durante la gestión de riego. En la Tabla 4 indica los momentos de inicio de riego de acuerdo con la fenología del cultivo.

Los números que se ven en la parte derecha de la figura 5, van de 1 a 100 %. Representa el porcentaje de humedad del suelo acumulado por los nueve puntos de medición del sensor y está para cada línea de gestión.

Figura 5

Líneas de gestión definidas



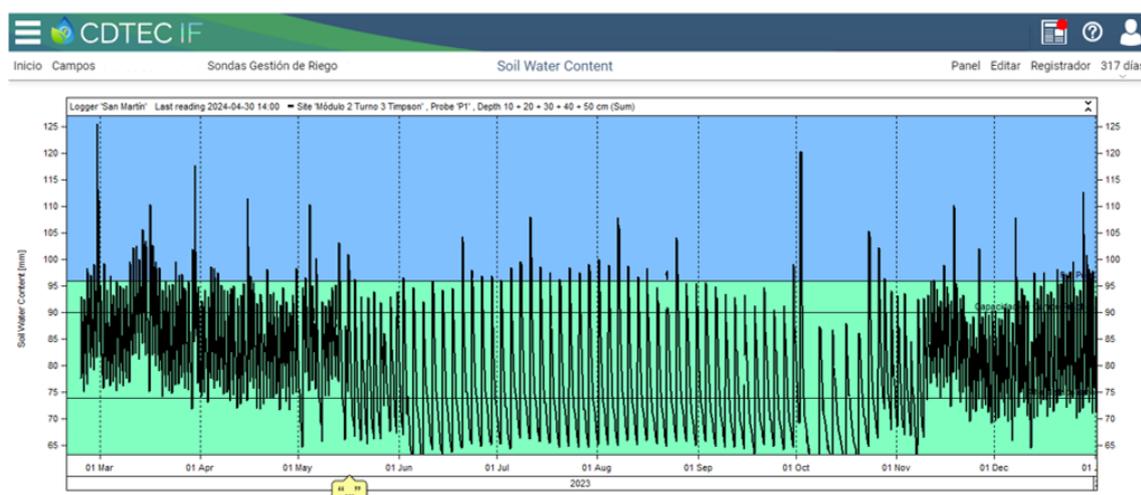
Finalmente, una vez culminado todo el proceso de instalación, el proveedor realizó un informe para luego dar la conformidad por la instalación mediante un acta de conformidad (ver anexo, Figura 11). También se acordó realizar visitas posteriores a la venta para dar

seguimiento junto con el proveedor, con la finalidad de ir mejorando algunos detalles para configurar el estatus óptimo de la humedad del suelo (ver Figura 6).

La figura 6 muestra el reporte de toda una campaña sobre el comportamiento de humedad del suelo, así mismo se pueden ver las líneas de gestión y el porcentaje de humedad que está a la parte izquierda y derecha del gráfico.

Figura 6

Grafico del sensor de humedad



3.2.3. Etapa 3: verificar

En esta etapa se evaluaron los resultados obtenidos con la implementación de los sensores FDR. Es importante mencionar que la producción de agua fue la misma durante la campaña 2022-2023 y 2023-2024. Una de los objetivos evaluadas en este proyecto fue reducir el volumen de agua aplicado en el cultivo de vid. Con la ayuda de los sensores se pudo decidir mejor el volumen de riego, teniendo como resultado los volúmenes aplicados en la campaña 2023-2024, tal como se aprecia en la Tabla 5. De esa manera, en la campaña 2023-2024, se redujo el consumo a 10 698 m³/ha/año, teniendo un ahorro de 2 563 m³/ha/año equivalente a un 19,33 % de reducción respecto a la campaña anterior, donde se trabajó sin sensores de riego. Acumulando en las 120 ha la suma de 307 543 m³/año, lo cual permite tener un superávit y la posibilidad de ampliar más áreas de cultivo (Tabla 6).

Tabla 5*Balance hídrico de la campaña 2023-2024*

Mes	Producción (m³)	Consumo (m³)	Diferencia (m³)
Marzo	148 428	89 400	59 028
Abril	136 080	115 320	20 760
Mayo	140 616	118 440	22 176
Junio	151 200	100 320	50 880
Julio	140 616	76 055	64 561
Agosto	124 992	79 224	45 768
Setiembre	136 080	78 810	57 270
Octubre	124 992	55 484	69 508
Noviembre	136 080	89 935	46 145
Diciembre	140 616	132 674	7 942
Enero	156 240	200 300	-44 060
Febrero	141 120	147 840	-6 720
	1 677 060	1 283 801	393 259

Tabla 6*Comparativo de consumo de agua de la campaña 2022-2023 y 2023-2024*

Mes	Campaña 2022-2023 (m³)	Campaña 2023-2024 (m³)	Diferencia (m³)
Marzo	143 809	89 400	54 409
Abril	169 192	115 320	53 872
Mayo	131 303	118 440	12 863
Junio	80 334	100 320	-19 986
Julio	79 321	76 055	3 266
Agosto	78 073	79 224	-1 151
Setiembre	76 465	78 810	-2 345
Octubre	77 949	55 484	22 466
Noviembre	166 167	89 935	76 232
Diciembre	204 562	132 674	71 888

Enero	210 118	200 300	9 819
Febrero	174 051	147 840	26 211
	1 591 344	1 283 801	307 543

Finalmente, se determinó el estatus óptimo de humedad en el suelo con el uso de los sensores, para lo cual se configuraron las líneas de gestión de acuerdo a cada zona donde está ubicado el sensor, asimismo al comportamiento de la humedad del suelo. Esta configuración permitió predecir los siguientes riegos y poder determinar las frecuencias de riego y el volumen a regar.

3.2.4. Etapa 4: Actuar

De forma general, se cumplió con los objetivos planteados en este proyecto, que fue gestionar adecuadamente el riego en el cultivo de vid. El consumo de agua por hectárea disminuyó un 19,33 %. Sin embargo, se puede reducir aún más. Según las referencias utilizadas para este proyecto, redujeron el consumo de agua de 25 a 50 % en comparación con el volumen planteado, pero se debe analizar ese dato, ya que son diferentes realidades. Se debe seguir ajustando las líneas de gestión para reducir el volumen de riego, sin afectar la producción. Esta primera experiencia en el uso de sondas permitirá ir mejorando en la gestión de riego en los siguientes años. En cada campaña se incorpora materia orgánica en la línea del surco, lo cual mejorará el suelo, haciéndolo más retentivo y aportando otros beneficios. Esto ayudará a una reducción adicional del consumo de agua en el fundo.

3.3. Factibilidad técnica-operativa

La implementación de sensores FDR para la gestión de riego en el cultivo de vid fue factible por las siguientes razones:

- Se contó con el apoyo de todo el equipo de producción y el área de logística para dar el seguimiento de la compra, instalación y funcionamiento de los sensores en campo.
- La gerencia estaba comprometida con la implementación de los sensores FDR para optimizar el uso del agua en el riego, considerando que se podía ahorrar agua y tener la posibilidad de seguir ampliando el área de cultivo.

- Se contó con los proveedores para instalar los sensores y la predisposición para la transferencia de información y el seguimiento posterior a la venta. Se realizó una alianza estratégica para la asistencia tecnológica a todo el equipo de producción, sobre todo al área de riego.
- Se dispuso 120 ha de cultivo para realizar la instalación de los 4 sensores FDR, cada uno monitorea 30 ha, clasificados por el tipo de suelo y la condición topográfica. Este modelo de riego se podría replicar en los futuros lotes que se irán creciendo.
- La empresa agrícola dispuso de un presupuesto para invertir en la implementación de los sensores FDR, que asimismo se incluyó en el presupuesto anual para las siguientes plantaciones.
- Existía la predisposición del equipo de producción para recibir el paquete tecnológico del nuevo manejo de riego.

IV. ANÁLISIS CRÍTICO

4.1. Cuadro de inversión

Para determinar la inversión en la ejecución del proyecto, se precisa determinar el costo de los 4 sensores más el servicio de la instalación y prueba en campo. En la tabla 7, figura el costo por equipo y los servicios, dando un monto total de USD 21 305,8 por la instalación de los 4 sensores de humedad. La instalación de los 4 sensores se realizó durante 2 días.

Tabla 7

Costo por equipo y servicio de instalación de 4 sensores FDR

Descripción	Cantidad	P.U (USD)	Total (USD)
Drill & drop probe, 90 cm triscan, sdi12	4	1 899,00	7 596,00
Medidor volumétrico arad 3/4	4	260,00	1 040,00
Nodo gateway rf x1 900 mhz	1	2 177,00	2 177,00
Nodo rf m1 900 mhz	3	1 198,00	3 594,00
Tarjeta de expansión serial sdi12	1	135,00	135,00
Tarjeta de expansión 2 x 4 20ma	1	135,00	135,00
Tarjeta de expansión 2x entradas digitales (2di)	1	121,00	121,00
E. meteorológica davis vantage pro2	1	2 032,00	2 032,00
Soporte metálico x6m	4	75,20	300,80
		Sub total equipos	17 130,80
Supervisión en la instalación de equipos drill & drop.	4	400,00	1 600,00
Seguimiento de datos con informes periódicos (3 meses)	4	100,00	400,00
Supervisión en la instalación medidor volumétrico	4	300,00	1 200,00
Supervisión en la instalación de telemetría (costo fijo por nodo)	4	300,00	1 200,00
Supervisión en la instalación y configuración estación meteorológica davis	1	350,00	350,00
Viajes y estadía fuera de la zona de Ica.	2,5	250,00	625,00
		Sub total servicios	4 175,00
		Costo total (USD)	21 305,80

Todo el paquete de la implementación consta de 4 sensores modelo Drill & Drop probe de 90 cm, con lecturas cada 10 cm de profundidad; un medidor volumétrico para calcular el volumen de agua aplicado en el lote; 1 nodo Gateway RF M1 900 MHz, este dispositivo sirve como puente que conecta la red inalámbrica al servidor web, asegurando una transmisión de datos confiable y segura; 3 nodos RF M1 900 MHz, los nodos reúnen datos de los sensores, estableciendo una comunicación perfecta entre sí para transmitir la información al nodo Gateway; 3 tipos de tarjeta de expansión; una estación meteorológica Davis Vantage pro2, encargada de reportar las variables climáticas (temperatura, porcentaje de humedad, velocidad del viento, déficit de presión de vapor, evapotranspiración y radiación) y, por último, el soporte metálico, que sirve para instalar la antena y el nodo para la comunicación.

Como servicio se consideró: la supervisión de la instalación de los 4 sensores por parte del proveedor; supervisión la instalación del medidor volumétrico; supervisión de la instalación de telemetría; instalación y configuración de la estación meteorológica y finalmente los viajes del proveedor hacia el fundo.

La forma de pago por la compra de los sensores y el servicio de instalación, es con un 50 % por adelantado y la diferencia se paga al finalizar la instalación y la prueba de puesta marcha.

4.2. Análisis de costos – beneficio

Inicialmente, cuando no se tenían instalados los sensores FDR en los campos de vid, no se gestionaba eficientemente el uso de agua para riego. Los volúmenes de agua por hectárea eran altos y no se podía definir el estatus óptimo de humedad del suelo. De forma general, se consumía más agua por área de cultivo, ocasionando un costo elevado en el riego.

Comparativamente, el consumo de agua sin el uso de sensores FDR era de 13 261 m³/ha/año, por los 120 ha se demandaban anualmente 1 591 344 m³. Ahora, con el uso de los sensores de riego, el consumo es de 10 698 m³/ha/año, teniendo una reducción de 2 563 m³/ha/año y

en total se acumula 1 283 801 m³/año, logrando reducir 307 543 m³/ha/año, equivalentes al 19,33 % total en comparación con la campaña anterior.

En la Tabla 8 se puede observar la valorización del consumo de agua de la campaña 2022-2023 donde no se usó sensores y la campaña 2023-2024 donde sí se regó con los sensores. Tomando en cuenta que extraer y bombear el agua hasta el reservorio principal y luego al campo de cultivo tiene un costo de USD 0,1 por m³. Se llegó a ahorrar USD 30 754,3 por año, logrando recuperar en el primer año la inversión por los sensores (ver Tabla 8).

Tabla 8

Valorización del consumo de agua antes y después del uso del sensor FDR

Mes	Campaña 2022-2023 (m³)	Costo/m³ de agua (USD 0.1)	Campaña 2023-2024 (m³)	Costo/m³ de agua (USD 0.1)	Diferencia total (USD)
Marzo	143 809	14 381	89 400	8 940	5 441
Abril	169 192	16 919	115 320	11 532	5 387
Mayo	131 303	13 130	118 440	11 844	1 286
Junio	80 334	8 033	100 320	10 032	-1 999
Julio	79 321	7 932	76 055	7 606	327
Agosto	78 073	7 807	79 224	7 922	-115
Setiembre	76 465	7 646	78 810	7 881	-234
Octubre	77 949	7 795	55 484	5 548	2 247
Noviembre	166 167	16 617	89 935	8 993	7 623
Diciembre	204 562	20 456	132 674	13 267	7 189
Enero	210 118	21 012	200 300	20 030	982
Febrero	174 051	17 405	147 840	14 784	2 621
	1 591 344	159 134	1 283 801	128 380	30 754

V. APORTES MÁS SIGNIFICATIVOS A LA EMPRESA

- Se logró incorporar el uso de sensores FDR a la gestión de riego de la empresa. La implementación de sensores ahora se considera parte del presupuesto de expansión.
- Con la implementación de los sensores FDR para el manejo de riego en el cultivo de vid, se logró reducir el consumo de agua por campaña, evitando los riegos innecesarios, regando en el momento y con la cantidad adecuada sin afectar la producción.
- Al determinar las líneas de gestión de los sensores FDR, se logró determinar el estatus óptimo de humedad en el suelo y su movimiento, permitiendo predecir los siguientes riegos y poder determinar las frecuencias de riego y el volumen. Y esta información sirve como referencia a los lotes cercanos.
- Al reducir el consumo de agua por hectárea, la empresa tiene la posibilidad de seguir creciendo instalando nuevos campos de vid, sin el temor a la falta de agua durante el crecimiento y producción del cultivo.

VI. CONCLUSIONES

- La implementación de los sensores FDR en el cultivo de vid, permitió gestionar adecuadamente el riego, regando en el momento adecuado y con el volumen de acuerdo a la demanda del cultivo.
- El uso de sensores FDR en la gestión del riego ayudó a reducir en un 19,33 % el consumo de agua por campaña, equivalente a 307 543 m³ por las 120 hectáreas, valorizado en USD 30 754,3 por año.
- La configuración de las líneas de gestión de los sensores permitió determinar el estatus óptimo de humedad en el suelo y su movimiento, prediciendo los siguientes riegos y determinando las frecuencias de riego y el volumen.
- Por medio de la implementación y el manejo de riego de acuerdo a la información brindada por los sensores, se logró cumplir el objetivo planteado a la gerencia de operaciones de la empresa.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar la implementación de sensores FDR en las futuras ampliaciones del cultivo de vid u otro cultivo, que ayudara a mejorar la gestión de riego, considerando sobre todo los suelos desérticos de la zona.
- Realizar la sectorización adecuada de los puntos de instalación del sensor, tomando en cuenta variedad de cultivo, tipo de suelo, topografía, ya que servirán de referencia a los lotes cercanos.
- Seguir con el análisis del costo-beneficio del uso de sensores, realizando comparativos con otros campos sin sensor y realizando pruebas de riego deficitario para lograr mayor eficiencia en el uso de agua.
- Continuar con las capacitaciones al personal encargado de verificar la información de los sensores, para aprovechar al máximo el potencial de esta herramienta de gestión de riego.

REFERENCIAS

- Alburquerque, M. (1993). Réponses des cépages de *Vitis vinifera* L. aux variations de l'environnement: effets de la contrainte hydrique sur la photosynthèse, la photorespiration et la teneur en acide abscisique des feuilles [Respuestas a las páginas de *Vitis vinífera* L. variaciones del medio ambiente: efectos de la corriente hídrica sobre la fotosíntesis, la fotorrespiración y el tenor en ácido abscísico de hojas]. Universidad de Burdeo.
- Allen, J. (2017). *Sistema de riego tecnificado en el cultivo de vid* (*Vitis vinífera* L.) [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio UNALM. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2984>
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D. y Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio de riego y drenaje*. Cuaderno N° 56. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Autoridad Nacional del Agua. (2014). Reglamento del Plan de Aprovechamiento de las Disponibilidades Hídricas. Ministerio de Agricultura y Riego/Autoridad Nacional del Agua. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/res._jef._ndeg_315-2014-ana_0_0.pdf
- Asociación de Exportadores. (2024). Uva peruana sigue su carrera ascendente en el exterior. Nota de prensa. [https://www.adexperu.org.pe/notadeprensa/uva-peruana-sigue-su-carrera-ascendente-en-el-exterior/#:~:text=%2DEn%20el%202023%20\(enero%2D,\(US%24%201%2C346%20millones\).](https://www.adexperu.org.pe/notadeprensa/uva-peruana-sigue-su-carrera-ascendente-en-el-exterior/#:~:text=%2DEn%20el%202023%20(enero%2D,(US%24%201%2C346%20millones).)

Asociación de Productores de Uva de mesa del Perú. (2023). Perú, primer exportador de uva de mesa del mundo. *Revista interactiva Provid digital*. <https://providdigital.com.pe/ediciones/provid006.pdf>

Buena, I. (2013). *Determinación del estado hídrico del suelo mediante sensores FDR en vid cv. Moscatel de Alejandría regada por goteo* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio UPV. <http://hdl.handle.net/10251/36451>

Callejas, R., Navarrete, J. y Rioseco, M. (2013). Líneas de gestión del riego: umbrales para interpretar los datos de humedad del suelo registrados por sondas de capacitancia. *Auntumapu Profesional*, 2(3). <https://silo.tips/download/lineas-de-gestion-del-riego-umbrales-para-interpretar-los-datos-de-humedad-del-s#report>

Dane, J., Topp, C. y Ferré, P. (2002). Water Content. In *Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods* [Contenido de agua. En métodos de análisis de suelos: parte 4. Métodos físicos]. (pp. 417–545). American Society of Agronomy. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.4.c19>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2006). Evapotranspiración del cultivo. FAO: Estudios FAO Riego y Drenaje 56. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4529143>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2018). Textura del suelo. Retrieved June 3, 2019. http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x706s/x6706s06.htm

- Fernández, A. (2018). *Comparación entre dos tipos de sensores de humedad del suelo para programación del riego*. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio UPV. <http://hdl.handle.net/10251/101253>
- Ferrándiz, J. (2017). *Estudio de manejo del agua de riego mediante sensores de humedad*. [Tesis de grado, Universidad Miguel Hernández de Elche]. Repositorio RediUMH. <https://hdl.handle.net/11000/4187>
- García, D. (2016). *Diseño de sensores de humedad del suelo basados en técnicas de Reflectometría en el dominio de la frecuencia (FDR)*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Cartagena]. Biblioteca UPC. <http://hdl.handle.net/10317/6601>
- Guevara, L. (2018). *Evaluación de la humedad del suelo por medio de la sonda de reflectometría magnética (FDR) en el cultivo de banano* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio digital. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13259>
- Hidalgo, J.; Pastor, M. y Hidalgo, J.C, 2003. Evolución de una sonda FDR para la estimación de la evolución del contenido de agua en el suelo y para el control de riegos en olivar. Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VI. J. Álvarez Benedí y P. Marinero.
- International Water Management Institute (2019). Innovative wáter solutions for sustainable development [Soluciones hídricas innovadoras para el desarrollo sostenible]. <https://doi.org/10.5337/2019.208>
- Lagunas, A. (2013). *Evaluación del manejo del riego por medio de sensores de humedad del suelo en un cultivo de tomate para industria* [Tesis de grado, Universidad Pública de Navarra]. Repositorio upna. <https://hdl.handle.net/2454/7165>

- Lanfranco, J., Pellegrini, A. y Cattani, V. (2014). Génesis, evolución y propiedades físico-químicas del suelo. La Plata: Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. <https://basesdedatos.utmachala.edu.ec:2136/lib/utmachalasp/reader.action?docID=4499393&query=HUMEDAD%2Bdel%2Bsuelo%2B>
- Martí, P., Turégano, J. y González, P. (2011). *Utilización de las sondas FDR como herramienta de apoyo para la gestión del Riego*. In XXIX Congreso Nacional de Riegos. Córdoba. <http://www.agroes.es/agricultura/agua-riegosregadios/849-utilizacion-de-las-sondas-fdr-como-herramienta-de-apoyo-para-lagestion-del-riego>
- Ministerio de Desarrollo Social (2017). *Cómo determinara: cuánto y cuándo regar*. Promoción, elaboración y evaluación de proyectos de riego para organizaciones y personas indígenas de la región de Atacama. Ministerio de Desarrollo Social, Gobierno de Chile. http://www.gea.uchile.cl/archivos/Como_determinar_cuando_y_cuanto_regar_Con_adi.pdf
- Mora, D. (2020). *Diseño de una red de sensores inalámbricos aplicada en la agricultura de precisión* [Tesis de maestría, Centro de Investigación y Asistencia Técnica del Estado de Querétaro]. Repositorio Ciateq. <http://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1020/413>
- Portalfrutícola. (2016). Calicatas, toma de muestras, y descripción de suelos. *Agrotecnia*. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/12/01/calicatas-toma-de-muestras-y-descripcion-de-suelos/>
- Portalfrutícola (2023). Perú: El impulso de la temporada de uva de mesa se los llevas las blancas sin semilla. *The grapes reporter*. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2023/05/09/peru-el-impulso-de-la->

temporada-de-uva-de-mesa-se-lo-llevan-las-blancas-sin-semilla/?pk_campaign=fb449ed717&pk_source=mailchimp&pk_medium=email&pk_content=527356&pk_cid=6ba48234e8&utm_campaign=fb449ed717&utm_source=mailchimp&utm_medium=email&utm_content=527356&utm_term=6ba48234e8

Redagrícola. (2022). Uva de mesa roja: Riego deficitario controlado mejora la uniformidad de color en frutales. *Plataforma redagrícola*. <https://redagricola.com/riego-deficitario-controlado-mejora-la-uniformidad-de-color-en-frutales/>

Saldarriaga, M. (2012). *Sistemas de riego*. Colombia. Grupo Latino Editores, 348p.

Sanchez, J. (28 de febrero del 2000). *Fertirrigación. Principios, Factores, Aplicaciones*. Lima. Seminario de fertirriegación: Apukai-Comex Perú. <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.studocu.com%2Fes-mx%2Fdocument%2Funiversidad-nacional-autonoma-demexico%2Ffisiología%2Fc-fertirrigacion-principios-factores%2F8932192&psig=AOvVaw0i9PWrrKof7VyQDfYlgKiT&ust=114972424322000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAcQrpoahcKEwi45eXI4PWFAxUAAAAAHQAAAAAQBA>

Scholander, P., Hammel, E. y Hemmingsen, E. (1964). Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants [Presión hidrostática y potencial osmótico en hojas de manglares y algunas plantas]. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 52: 119-125. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC300583/>

Shaxson, F. y Barber, R. (2005). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal: el significado de la porosidad del suelo*. FAO. <http://www.fao.org/3/y4690s/y4690s00.htm#Contents>

- Silva, P., Silva, H., Garrido, M. y Acevedo, E. (2015). Manual de estudio y ejercicios relacionados con el contenido de agua en el suelo y su uso por los cultivos. Facultad de ciencias agronómicas de la Universidad de Chile. Repositorio.uchile. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130642/Manual-de-estudio-y-ejercicios-relacionados-con-el-contenido-de-agua.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Williams, L. y Matthews, M. (1990). Grapevine. In Irrigation of agricultural crops [Vid, en riego de cultivos agrícolas]. Agronomy Monograph no. 30. B.A. Stewart and D.R. Nielsen (eds) pp. 1019-1055. ASA-CSSA-SSSA Madison, WI, USA.
- Zúñiga, C. (2014). Calibración e interpretación de lecturas de sensores que determinan el contenido de agua en el suelo. La Cruz: *Informativo INIA La Cruz*. no. 28. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/4618>

ANEXOS

Tabla 9

Cuadro Gantt

Año 2022-2024	2022					2023			2024	
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar- Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Planteamiento de la idea al área de producción.	X									
Cotización de los sensores.	X									
Planteamiento de la idea a la gerencia.		X								
Aprobación de la gerencia.		X								
Ubicación de los 4 puntos donde se implementarán los sensores FDR.		X								
Elección del proveedor.		X								
Generación y aprobación de la orden de compra.			X							
Instalación de los sensores FDR.				X						
Revisión y definición de las				X						

líneas de gestión

.

Generación del
acta de
conformidad por
la puesta en
marcha de los
sensores.

X

Seguimiento por
parte del
proveedor sobre
el
funcionamiento
de los sensores
y la lectura de
los gráficos.

X

X

X

X

X

Realización de
calicatas para
contrastar con la
información de
los sensores.

X

X

X

X

X

X

Análisis final
del proyecto.

X

Figura 7

Gráfico de la sonda 1

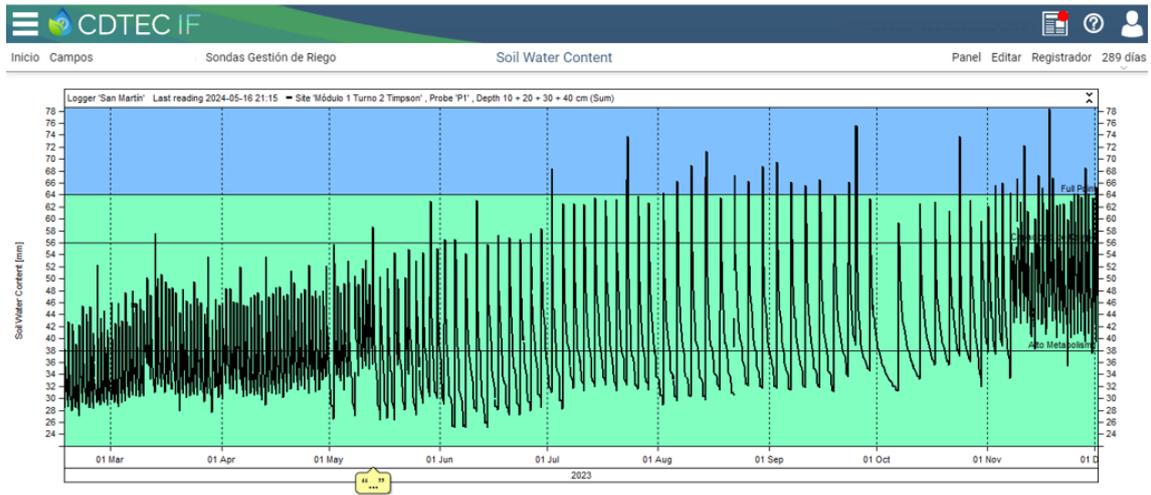


Figura 8

Gráfico de la sonda 2

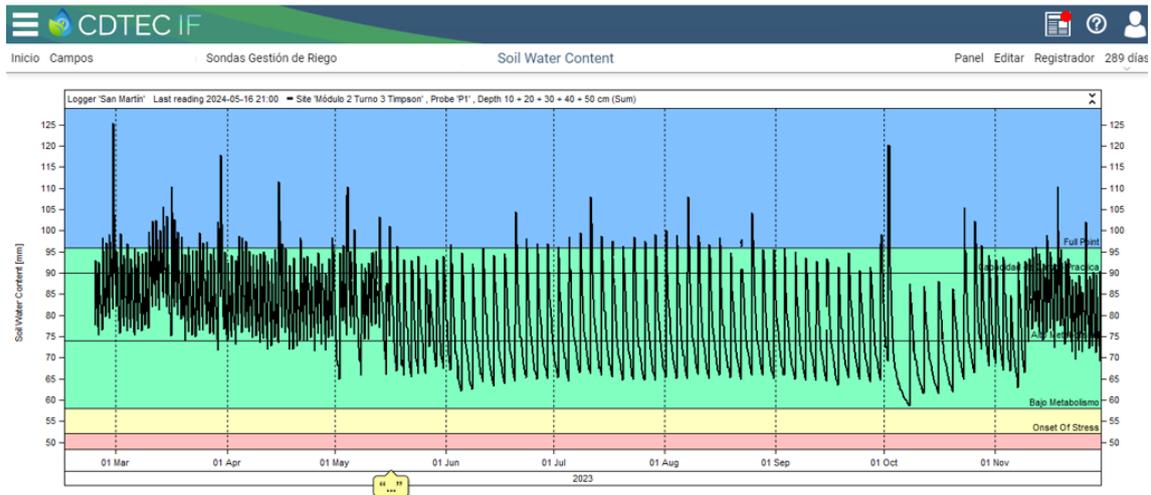


Figura 9

Gráfico de la sonda 3

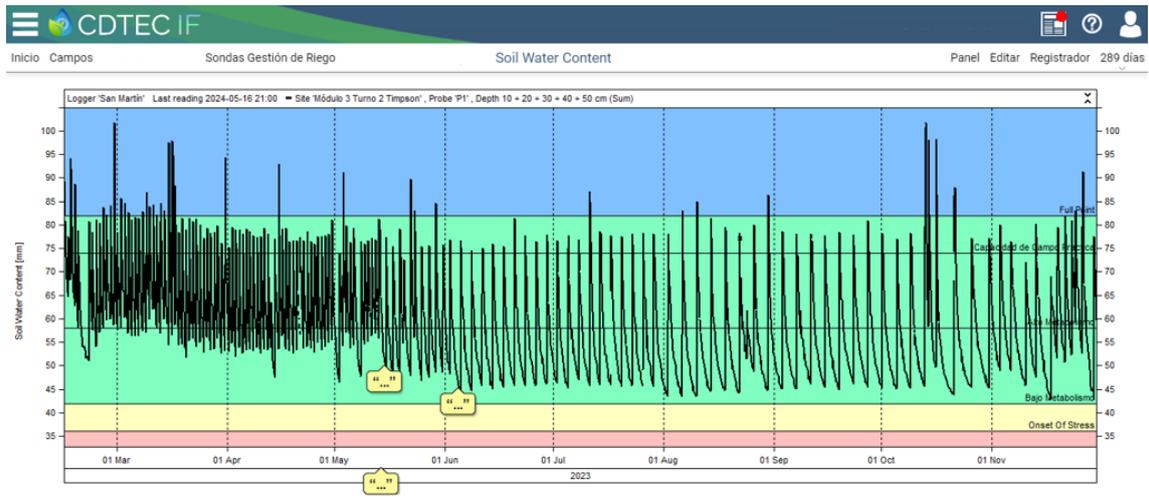


Figura 10

Gráfico de la sonda 4

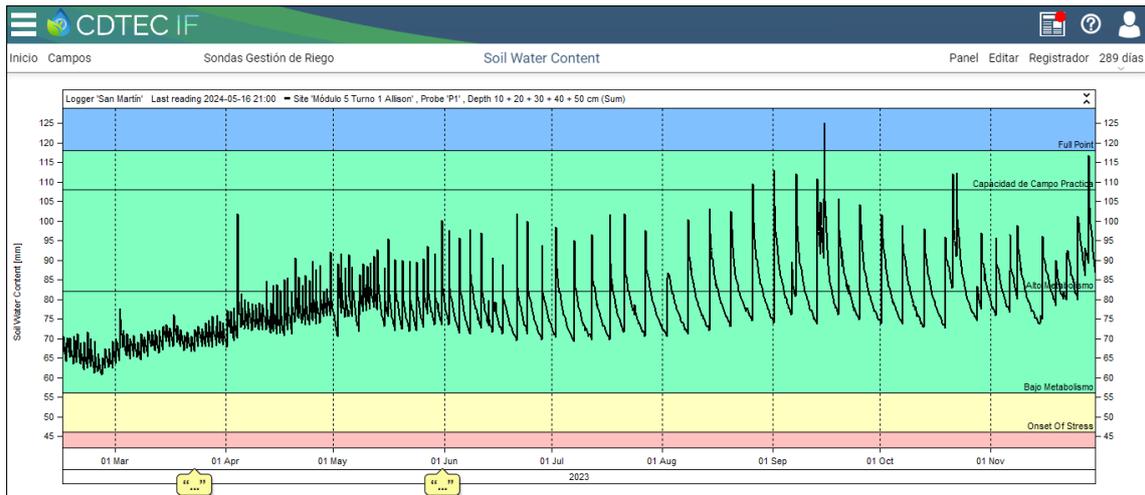


Figura 11

Informe de la instalación de las sondas



**INFORME DE LA INSTALACION SONDA DE CAPACITANCIA,
CAUDALIMETRO Y MODULO DE pH y CE CON EQUIPOS DE
TELEMETRIA
AGRICOLA LOS ANDENES S.A.C. FUNDO SAN MARTIN**

Fecha de realización: 13/02/2023
Instalador : José Picasso
Contacto: Heber Luna
Teléfono: 922583963
Mail: hluna@agricolalosandenes.pe

Se realizó lo siguiente:

04 Instalación Drill&Drop SDI12 de 90cm
04 Caudalímetros de línea
04 Modulos de pH y CE

Fundo San Martin

• **Sitio 1:** Módulo 2 Turno 3

Especie: Uva
Variedad: Timpson





Datos Plataforma Dropcontrol

El GW está conectado a la red dropcontrol y responde a las consultas de firmware correctamente.

GW San Martín	415M09Z (0603-1)	Señal/Red		XL	WYRNVEZ7 D100_AH 14 3022	20230223 08:00:02	2023/02/24 08:28:33:14 mM
---------------	------------------	-----------	--	----	--------------------------	-------------------	---------------------------

La Sonda devuelve valores correctamente.

Nombre	Tipo	Puerto Lógico	Fecha	Dato Bruto	Dato Convertido
Módulo 2 Turno 3T Impson HS	Humedad Suelo	1	24-02-2023 08:33:37	26851	24.851
Módulo 2 Turno 3T Impson (2C) HS	Humedad Suelo	2	24-02-2023 08:33:37	23446	21.446
Módulo 2 Turno 3T Impson (3C) HS	Humedad Suelo	3	24-02-2023 08:33:37	21049	19.049
Módulo 2 Turno 3T Impson (4C) HS	Humedad Suelo	4	24-02-2023 08:33:37	14626	12.626
Módulo 2 Turno 3T Impson (5C) HS	Humedad Suelo	5	24-02-2023 08:33:37	14100	12.1
Módulo 2 Turno 3T Impson (6C) HS	Humedad Suelo	6	24-02-2023 08:33:37	15296	13.296
Módulo 2 Turno 3T Impson (7C) HS	Humedad Suelo	7	24-02-2023 08:33:37	15937	13.937
Módulo 2 Turno 3T Impson (8C) HS	Humedad Suelo	8	24-02-2023 08:33:37	15321	13.321
Módulo 2 Turno 3T Impson (9C) HS	Humedad Suelo	9	24-02-2023 08:33:37	15657	13.657

La batería está al 94% de carga, la calidad de señal es 63, lo cual es un valor bueno y la corriente generada por el panel solar es de 340mA, lo cual es correcto.

Nombre	Tipo	Puerto Lógico	Fecha	Dato Bruto	Dato Convertido
Carga Batería	Carga Batería	0	24-02-2023 08:33:37	94	94.0
Calidad Rf	Calidad Rf	0	24-02-2023 08:33:37	63	63.0
Corriente	Corriente	0	24-02-2023 08:33:37	340	340.0



- **Sitio 2:** Módulo 3 Turno 2
- Especie: Uva
- Variedad: Timpson



Datos Plataforma Dropcontrol

El GW está conectado a la red dropcontrol y responde a las consultas de firmware correctamente.

Módulo 3 Módulo 2 Turno 2 Timpson	43210032 (48620-39)	Sin reflector		M1	YAFWV v6.1.9 (M1_Sup) 22/02/21	2023/02/24 15:00:16	2022/02/24 08:49:10 (12 r/ses)
--------------------------------------	------------------------	---------------	--	----	-----------------------------------	------------------------	-----------------------------------

La Sonda devuelve valores correctamente.



Nombre	Tipo	Puerto Logico	Fecha	Dato Bruto	Dato Convertido
Módulo 3 Turno 2 Timpson HS	Humedad Suelo	41	24-02-2023 09:03:43	20	23.8899
Módulo 3 Turno 2 Timpson (20) HS	Humedad Suelo	42	24-02-2023 09:03:43	19	19.2196
Módulo 3 Turno 2 Timpson (30) HS	Humedad Suelo	43	24-02-2023 09:03:43	13	13.049
Módulo 3 Turno 2 Timpson (40) HS	Humedad Suelo	44	24-02-2023 09:03:43	12	12.836
Módulo 3 Turno 2 Timpson (50) HS	Humedad Suelo	45	24-02-2023 09:03:43	11	11.2314
Módulo 3 Turno 2 Timpson (60) HS	Humedad Suelo	46	24-02-2023 09:03:43	12	12.0643
Módulo 3 Turno 2 Timpson (70) HS	Humedad Suelo	47	24-02-2023 09:03:43	12	12.0046
Módulo 3 Turno 2 Timpson (80) HS	Humedad Suelo	48	24-02-2023 09:03:43	11	11.834

La batería está al 99% de carga, la calidad de señal es 68, lo cual es un valor bueno y la corriente generada por el panel solar es de 176mA, lo cual es correcto.

Nombre	Tipo	Puerto Logico	Fecha	Dato Bruto	Dato Convertido
Carga Batería	Carga Batería	0	24-02-2023 09:03:43	99	99.0
Calidad Rf	Calidad Rf	0	24-02-2023 09:03:43	68	68.0
Corriente	Corriente	0	24-02-2023 09:03:43	176	176.0

• **Sitio 3: Módulo 1 Turno 2**

Especie: Uva

Variedad: Timpson





Datos Plataforma Dropcontrol

El GW está conectado a la red dropcontrol y responde a las consultas de firmware correctamente.

Nodo Módulo 1 Turno 2 Timpson	43E1772F (49532-dL)	Sensibilidad	MI	WPAWv1.1.F.MI_0r 23 2021	2023/02/14 13:55:35	2023/02/24 09:01:20 (9) módul
----------------------------------	------------------------	--------------	----	-----------------------------	------------------------	----------------------------------

La Sonda devuelve valores correctamente.

Nombre	Tipo	Puerto Logico	Fecha	Dato Bruto	Dato Convertido
Módulo 1 Turno 2 Timpson HS	Humedad Suelo	41	24-02-2023 09:12:27	10	10.1638
Módulo 1 Turno 2 Timpson (20) HS	Humedad Suelo	42	24-02-2023 09:12:27	10	10.6056
Módulo 1 Turno 2 Timpson (30) HS	Humedad Suelo	43	24-02-2023 09:12:27	8	8.3347
Módulo 1 Turno 2 Timpson (40) HS	Humedad Suelo	44	24-02-2023 09:12:27	10	10.6867
Módulo 1 Turno 2 Timpson (50) HS	Humedad Suelo	45	24-02-2023 09:12:27	11	11.9591
Módulo 1 Turno 2 Timpson (60) HS	Humedad Suelo	46	24-02-2023 09:12:27	13	13.7576
Módulo 1 Turno 2 Timpson (70) HS	Humedad Suelo	47	24-02-2023 09:12:27	17	17.1832
Módulo 1 Turno 2 Timpson (80) HS	Humedad Suelo	48	24-02-2023 09:12:27	18	18.508
Módulo 1 Turno 2 Timpson (90) HS	Humedad Suelo	49	24-02-2023 09:12:27	18	18.7813

La batería está al 99% de carga, la calidad de señal es 83, lo cual es un valor malo, pero aún no pierde conectividad y la corriente generada por el panel solar es de 216mA, lo cual es correcto.

Nombre	Tipo	Puerto Logico	Fecha	Dato Bruto	Dato Convertido
Carga Batería	Carga Batería	0	24-02-2023 09:12:27	99	99.0
Calidad RF	Calidad RF	0	24-02-2023 09:12:27	83	83.0
Corriente	Corriente	0	24-02-2023 09:12:27	216	216.0

• **Sitio 4:** Módulo 5 Turno 1

Especie: Uva

Variedad: Allison



Datos Plataforma Dropcontrol

El GW está conectado a la red dropcontrol y responde a las consultas de firmware correctamente.

Modulo 5 Turno 1 Allison	42E13CA8 (38433-26)	Sin actividad	MS	WPMV 46.1.9 M1_360 23/02/23	2023/02/24 09:12:36	2023/02/24 09:38:37 (17 s) (s)
--------------------------	------------------------	---------------	----	--------------------------------	------------------------	-----------------------------------

La Sonda devuelve valores correctamente.

Nombre	Tipo	Puerto Logico	Fecha	Dato Bruto	Dato Convertido
Módulo 5 Turno 1 Allison HS	Humedad Suelo	41	24-02-2023 09:17:27	12	12.0035
Módulo 5 Turno 1 Allison (20) HS	Humedad Suelo	42	24-02-2023 09:17:27	16	16.6748
Módulo 5 Turno 1 Allison (30) HS	Humedad Suelo	43	24-02-2023 09:17:27	14	14.971
Módulo 5 Turno 1 Allison (40) HS	Humedad Suelo	44	24-02-2023 09:17:27	9	9.5614
Módulo 5 Turno 1 Allison (50) HS	Humedad Suelo	45	24-02-2023 09:17:27	12	12.134
Módulo 5 Turno 1 Allison (60) HS	Humedad Suelo	46	24-02-2023 09:17:27	15	15.6791
Módulo 5 Turno 1 Allison (70) HS	Humedad Suelo	47	24-02-2023 09:17:27	13	13.0673
Módulo 5 Turno 1 Allison (80) HS	Humedad Suelo	48	24-02-2023 09:17:27	12	12.3663
Módulo 5 Turno 1 Allison (90) HS	Humedad Suelo	49	24-02-2023 09:17:27	17	17.8154



La batería está al 98% de carga, la calidad de señal es 69, lo cual es un valor bueno, y la corriente generada por el panel solar es de 125mA, lo cual es correcto.

Nombre	Tipo	Puerto Logico	Fecha	Dato Bruto	Dato Convertido
Carga Batería	Carga Batería	0	24-02-2023 09:17:27	98	98.0
Calidad Rf	Calidad Rf	0	24-02-2023 09:17:27	69	69.0
Corriente	Corriente	0	24-02-2023 09:17:27	125	125.0

- Es muy importante realizar la revisión de los equipos instalados en campo, tanto las sondas como caudalímetros, estos deben estar en la posición correcta según lo explicado, para evitar una lectura errada de los equipos.

Conclusiones de la operatividad de los equipos.

- Los equipos se encuentran al 100 % de su operatividad, leyendo con rangos optimos.
- El sistema de descarga en la plataforma Dropcontrol operando.

Se entrega el informe técnico finalizado el día 24 de febrero de 2023.

Atte.

José Picasso Monge