

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES



Operación de riego presurizado por goteo en el distrito de Supe,
provincia Barranca, Lima

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

AUTOR

Winer Getulio Torres Limascca

ASESORA

Silvia Gutiérrez Bustamante

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 DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA
PROFESIONAL

ACTA N° 033-2024-UCSS/FCAA-JD

Siendo las 10:00 horas del 29 de noviembre de 2024, a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Trabajo de Suficiencia Profesional, integrado por:

- | | |
|---|-------------------|
| 1. María Eugenia del Carmen Viloría Ortín | Jurado Presidente |
| 2. María del Carmen Villegas Montoya | Jurado Miembro |
| 3. Silvia Gutiérrez Bustamante | Asesor |

se reunieron para la sustentación virtual del trabajo de suficiencia profesional titulado 'Operación de riego presurizado por goteo en el distrito de Supe, provincia Barranca, Lima' que presenta el Bachiller en Ciencias Agrarias Winer Getulio Torres Limascca, 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 la presente acta al decanato de Ciencias Agrarias y Ambientales, a fin de que se declare EXPEDITA, para conferirle el título profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

Lima, 29 de noviembre de 2024

María Eugenia del Carmen Viloría Ortín

Jurado Presidente

María del Carmen Villegas Montoya

Jurado Miembro

Anexo 2

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

Lima, 18 de noviembre de 2024

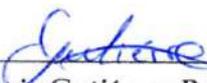
Señor,
José Victor Ruíz Ccancce
Jefe del Departamento Académico
Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales UCSS

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que el trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: 'Operación de riego presurizado por goteo en el distrito de Supe, provincia Barranca, Lima', presentado por Winer Getulio Torres Limascca, (código de estudiante 2016101609, y DNI 44598767) para optar el título profesional de INGENIERO AGRÓNOMO, 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,



Silvia Gutiérrez Bustamante

DNI N° 23946287

ORCID N° 0000-0002-7391-7229

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
ÍNDICE DE ANEXOS	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN.....	9
TRAYECTORIA DEL AUTOR	10
I. EL PROBLEMA.....	12
1.1. Planteamiento del problema	12
1.1.1 Problema principal.....	12
1.1.2 Problema secundario.....	12
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	15
1.4.1 Alcances:.....	15
1.4.2 Limitaciones	16
II. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes.....	17
2.2. Bases teóricas.....	19
2.3. Definición de términos básicos.....	21
III. PROPUESTA DE SOLUCIÓN	22
3.1. Metodología de la solución.....	22
3.2. Desarrollo de la solución	22
3.2.1 Ubicación	22
3.2.2 Balance hídrico	22
3.2.3 Información agronómica del lugar de estudio	26
3.2.4 Operación del sistema de riego	27

3.2.5	Monitoreo de Humedad y Conductividad Eléctrica	29
3.2.6	Fertirrigación	33
3.2.7	Preparación de solución nutritiva	36
3.2.8	Seguimiento Nutricional.....	41
IV.	ANÁLISIS CRÍTICO	46
4.1.	Cuadro de inversión	46
4.2.	Análisis de costos – beneficio.....	46
4.3.	Análisis de Beneficio	47
V.	APORTES MÁS SIGNIFICATIVOS A LA EMPRESA.....	49
5.1.	Aportes significativos que se realizó	49
VI.	CONCLUSIONES	50
VII.	RECOMENDACIONES.....	51
	ANEXOS	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama de la organización	10
Figura 2. Esquema de traslape de emisores a 40 % de traslape.....	26
Figura 3. Monitoreo de lectura de tensiómetros	30
Figura 4. Corte transversal de surco y ubicación de puntos de muestreo.....	32
Figura 5. Curva de movimiento de Comportamiento de la CE según riegos lavado	33
Figura 7. Consumo hídrico mensual del año 2024 (mm)	48

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Evapotranspiración potencial mensual	24
Tabla 2. Determinación de demanda hídrica	25
Tabla 3. Composición de los fertilizantes usados.....	34
Tabla 4. Solubilidad de los fertilizantes usados	34
Tabla 5. Compatibilidad de los fertilizantes usados en el fertirriego	35
Tabla 6. Parámetros de solución nutritiva máximos y mínimos en %	35
Tabla 7. Relaciones catiónicas.....	36
Tabla 8. Preparación de soluciones nutritivas y balanceo de iones.....	37
Tabla 9. Calificación de la relación de iónicas en la disolución a preparar	38
Tabla 10. Resumen de cantidad de fertilizantes usados para la semana 43 en 37.5 m3.....	41
Tabla 11. Rangos de interpretación de análisis foliar de palto.....	43
Tabla 12. Análisis foliar de palto.....	44
Tabla 13. Inversión de en equipos para el cumplimiento de la propuesta.....	46

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Conversión de unidades	54
Anexo 2. Esquema de turnados del fundo	54
Anexo 3. Informe de análisis de agua de canal de riego	55
Anexo 4. Análisis de suelo pasta saturada.....	55
Anexo 5. Peso equivalente de iones de uso común	56

RESUMEN

El documento describe la operación de un sistema de riego por goteo optimizado para satisfacer de manera eficiente las necesidades hídricas y nutricionales del palto. El diseño agronómico considera factores como la evapotranspiración, las características de la planta y la textura del suelo para calcular la cantidad de agua requerida. A través de un sistema de fertirrigación, se realiza la dosificación controlada de nutrientes junto con el riego, asegurando un aporte equilibrado. Asimismo, se lleva a cabo un monitoreo constante de la humedad y la conductividad eléctrica del suelo mediante tensiómetros y sensores, lo que permite mantener la salinidad dentro de parámetros óptimos y ajustar la frecuencia del riego según las condiciones del suelo. Paralelamente, se prepara una solución nutritiva equilibrada en cationes y aniones para garantizar la disponibilidad adecuada de nutrientes, evitando deficiencias o toxicidades que puedan afectar el desarrollo del cultivo. Estas estrategias integradas optimizan el uso del agua y los fertilizantes, maximizando la productividad del palto mientras se promueve la sostenibilidad del sistema agrícola.

Palabras clave: Operación de riego, conductividad eléctrica, humedad, evapotranspiración, solución nutritiva.

ABSTRACT

The document describes the operation of an optimized drip irrigation system designed to efficiently meet the water and nutritional needs of avocado trees. The agronomic design considers factors such as evapotranspiration, plant characteristics, and soil texture to calculate the required water amount. Through a fertigation system, controlled nutrient dosing is carried out alongside irrigation, ensuring a balanced supply. Additionally, constant monitoring of soil moisture and electrical conductivity is conducted using tensiometers and sensors, which helps maintain salinity within optimal parameters and adjust irrigation frequency according to soil conditions. Simultaneously, a nutrient solution balanced in cations and anions is prepared to ensure the adequate availability of nutrients, avoiding deficiencies or toxicities that could affect crop development. These integrated strategies optimize the use of water and fertilizers, maximizing avocado productivity while promoting the sustainability of the agricultural system.

Keywords: Irrigation operation, electrical conductivity, moisture, evapotranspiration, nutrient solution.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo agrícola sostenible en un contexto de recursos hídricos limitados requiere la implementación de estrategias integrales que optimicen el uso del agua y los insumos. Este estudio presenta un enfoque sistemático para diseñar y operar un sistema de riego tecnificado, teniendo como base la evaluación de la ubicación geográfica y el balance hídrico, factores clave para garantizar la eficiencia en la distribución del agua.

Se consideran elementos esenciales como el diseño agronómico del cultivo, ajustado a las condiciones del entorno, y la operación adecuada del sistema de riego, enfocada en maximizar su rendimiento. Asimismo, el monitoreo continuo de la humedad del suelo y la conductividad eléctrica permite ajustar el manejo del agua y los nutrientes en tiempo real. Complementando estas acciones, se implementa un programa de fertirrigación, que incluye la preparación de soluciones nutritivas específicas y un seguimiento nutricional detallado, asegurando un desarrollo óptimo del cultivo.

Con esta metodología, el estudio busca establecer una base sólida para la gestión agrícola eficiente, promoviendo el uso racional del agua y mejorando la productividad en condiciones de escasez, con un enfoque que puede ser replicado en contextos similares

TRAYECTORIA DEL AUTOR

La organización

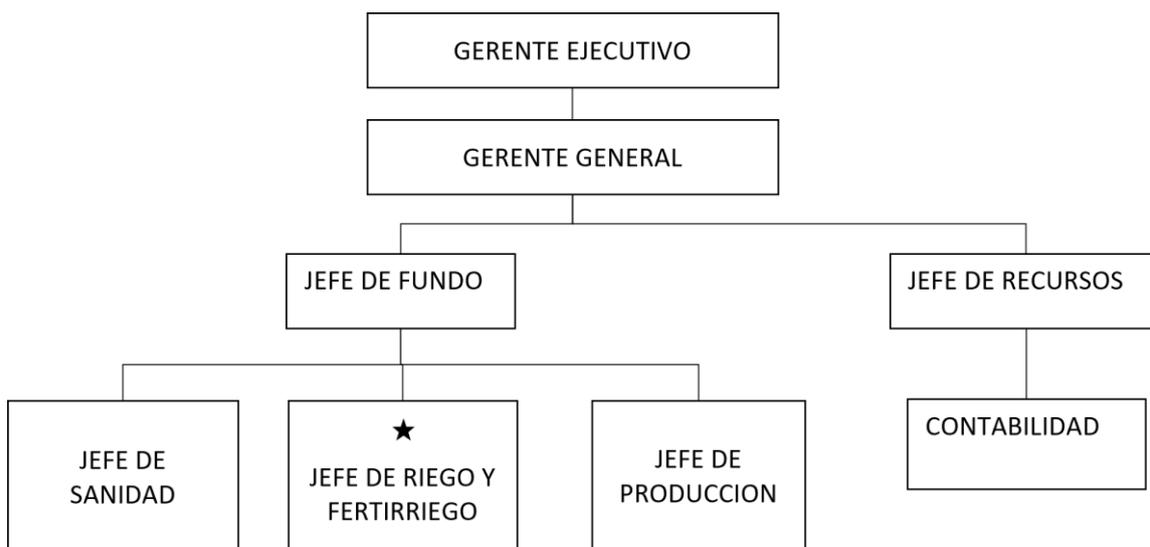
La organización se localiza en el distrito de Supe, provincia de Barranca, departamento de Lima, región conocida por su actividad agrícola y su clima favorable para el cultivo de frutales. Actualmente, la empresa cuenta con 60 hectáreas dedicadas al cultivo de palto de la variedad Hass, con sistema de riego presurizado por goteo, diseñado para optimizar el uso del agua y garantizar una distribución eficiente y uniforme.

Actualmente, la organización se encuentra en fase de expansión, con planes de incrementar su área cultivada. Este proceso implica la ampliación de la infraestructura de riego para 120 ha. La expansión refleja el compromiso de la organización con el crecimiento sostenible y la mejora continua de sus prácticas agrícolas.

Organigrama de la organización

Figura 1

Organigrama de la organización



Funciones inherentes al cargo que ocupa

Jefe del Área de riego y fertirriego, cumple con la implementación y gestión de sistemas que permiten la aplicación eficiente y racional del agua y nutrientes a los cultivos agrícolas, buscando garantizar la sostenibilidad del uso de los recursos.

Funciones

- Ejecutar y supervisar los proyectos inherentes a la ampliación de la frontera agrícola.
- Establecer calendarios de riego basados en las necesidades hídricas de los cultivos, teniendo en cuenta factores como fenología del cultivo, condiciones climáticas y propiedades del suelo.
- Monitorear el uso del agua para su aplicación eficiente, minimizando las pérdidas por evaporación o escorrentía y evitando el riego excesivo o insuficiente.
- Diseñar planes de fertirriego y monitorear la ejecución de estas que aseguren una aplicación adecuada de nutrientes.
- Diseñar e implementar programas de mantenimiento preventivo que aseguren el funcionamiento óptimo del sistema de riego y fertirriego.
- Coordinar, programar y ejecutar el cuidado del sistema para mantener en óptimas condiciones.
- Evaluar la eficiencia de aplicación de agua mediante mediciones del coeficiente de uniformidad de riego, tasas de infiltración y niveles de escorrentía.
- Analizar los datos obtenidos de las herramientas de monitoreo para tomar decisiones informadas sobre la programación del riego y la fertilización.

I. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El problema radica en que, a pesar de contar con un sistema de riego de última tecnología, la operación deficiente, el personal poco capacitado y el mal manejo del riego puede generar serias ineficiencias en el cultivo de palto. No tomar en cuenta las variables climáticas ni las necesidades específicas de agua de la planta, conduce a un suministro inexacto y descontrolado. Además, no evaluar adecuadamente la humedad retenida en el suelo ni la conductividad eléctrica, parámetros críticos para el desarrollo óptimo del palto. A esto se suma la falta de conocimiento en la preparación de soluciones nutritivas, lo que provoca desequilibrios nutricionales que afectan negativamente el desarrollo del palto y ponen en riesgo la sostenibilidad del sistema de riego.

1.1.1 Problema principal

El problema principal es la ineficiencia en el manejo del sistema de riego debido a una operación inadecuada, la falta de consideración de variables clave como el clima, las necesidades hídricas del cultivo, la humedad del suelo y la conductividad eléctrica, lo que genera desequilibrios nutricionales, desperdicio de recursos y afecta la productividad del cultivo

1.1.2 Problema secundario

- La falta de precisión en la programación y aplicación del riego ocasiona riegos insuficientes o excesivos, lo que afecta tanto la disponibilidad de agua para las plantas como la eficiencia en el uso del recurso.
- La falta de monitoreo del contenido de agua y la conductividad eléctrica en la zona radicular lleva a decisiones erróneas en la frecuencia y duración del riego, reduciendo la eficacia del sistema.
- El desequilibrio en la proporción de nutrientes por falta de conocimientos técnicos

genera deficiencias o toxicidades, impactando negativamente el crecimiento y la productividad del cultivo.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Optimizar el manejo del sistema de riego mediante una operación eficiente, la integración de variables clave como el clima, las necesidades hídricas del cultivo, la humedad del suelo y la conductividad eléctrica, con el fin de reducir los desequilibrios nutricionales, maximizar el uso eficiente de los recursos y mejorar la productividad del cultivo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Diseñar y establecer un programa de riego tecnificado que permita una aplicación precisa y uniforme del agua, optimizando su uso y asegurando una distribución adecuada en la zona radicular del cultivo.
- Implementar un sistema de monitoreo continuo del contenido de humedad del suelo y la conductividad eléctrica en la zona radicular, para ajustar la frecuencia y duración del riego de manera oportuna y eficiente.
- Desarrollar un plan de fertirrigación basado en el balance de nutrientes del cultivo, que contemple la preparación adecuada de soluciones nutritivas y el seguimiento nutricional para evitar deficiencias o toxicidades, promoviendo el desarrollo óptimo del cultivo.

1.3. Justificación

Instalar un sistema de riego por goteo contribuye en el cumplimiento del Programa de las Naciones Unidas, Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como el ODS 2 (Hambre Cero) al mejorar la producción agrícola y la seguridad alimentaria, y el ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento) al optimizar el uso del agua y reducir el desperdicio. También apoya el ODS 12 (Producción y Consumo Responsables) mediante prácticas agrícolas más sostenibles y el ODS 13 (Acción por el Clima) al mitigar los efectos del cambio climático. Además, contribuye al ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres) al conservar ecosistemas al disminuir la erosión y el uso excesivo de agua. En conjunto, estas acciones promueven un desarrollo más sostenible y responsable (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2022).

La instalación de un sistema de riego por goteo en el presente trabajo se justifica en función de los lineamientos establecidos por la Ley de Recursos Hídricos (Ley N.º 29338) del Perú, que promueve un uso eficiente y sostenible del recurso hídrico. Este sistema de riego optimiza el manejo del agua, reduciendo pérdidas y maximizando su aplicación directa al cultivo, cumpliendo con el principio de eficiencia mencionado en la ley. Además, se garantiza que el diseño y la operación del sistema no afecten la calidad ni la cantidad del agua disponible, respetando las normativas ambientales vigentes (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2019).

1.4. Alcances y limitaciones

1.4.1 Alcances

Los alcances del proyecto incluyen la optimización de la programación de riego, la integración de variables climáticas para ajustar las necesidades hídricas del cultivo, el monitoreo constante de la humedad del suelo, y la gestión adecuada de la conductividad eléctrica para evitar la acumulación de sales. También se busca mejorar la preparación de soluciones nutritivas y capacitar al personal para garantizar un manejo eficiente y técnico del sistema de riego, maximizando la productividad y el uso eficiente de los recursos.

1.4.2 Limitaciones

Las principales limitaciones incluyen la disponibilidad de recursos para implementar tecnologías avanzadas de monitoreo y control, la capacitación continua del personal debido a la falta de conocimiento técnico, y las condiciones climáticas variables que pueden dificultar la precisión en la programación del riego. Además, la infraestructura existente puede no ser suficiente para integrar todas las variables necesarias de manera eficiente, lo que podría limitar la efectividad de los ajustes y la optimización del sistema de riego

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El cambio climático está generando escasez de agua tanto en cantidad como en calidad en las cuencas hidrográficas, afectando los ciclos productivos de cultivos, especialmente en la costa peruana, una región desértica con baja disponibilidad hídrica. Esta zona es una de las principales productoras y exportadoras de palta, un cultivo que requiere cantidades específicas de agua que varían según la etapa de crecimiento. La alteración del ciclo hidrológico debido al cambio climático afecta la cantidad de agua disponible, perjudicando tanto al cultivo como al árbol, lo que impacta negativamente las temporadas agrícolas y la economía del país. Por ello, es fundamental determinar los requerimientos hídricos del palto en diferentes escenarios para implementar medidas que minimicen las pérdidas económicas (Juarez, 2019).

Ayala y Gonzales (2014), diseñaron e instalaron un Sistema de Riego por Goteo para 38.92 hectáreas en el Grupo de Gestión Empresarial El Progreso- Pátapo, Chiclayo. Dicho proyecto se abasteció del pozo IRHS N° 08, que cuenta con un caudal disponible de 42.83 l/s, suficiente para cubrir la demanda de 40.67 l/s necesaria para el cultivo de Ají Paprika en 38.92 ha. La topografía del terreno y la textura del suelo, Franco Arenosa, son adecuadas para este sistema de riego, que operará con un intervalo diario de 2.10 horas y empleará cintas de polietileno de 16 mm con emisores de 3.40 l/h. El diseño hidráulico establece un caudal máximo de 35.44 l/s y se utilizarán tuberías de PVC con diámetros de 63 mm a 200 mm, garantizando una tolerancia de presiones aceptable. Se instalará una bomba de turbina de 28 HP para asegurar un requerimiento de ADT de 43.50 m.c.a. El sistema incluye varios componentes, como hidrociclones, filtros, válvulas y manómetros, todos necesarios para un funcionamiento óptimo. El presupuesto total asciende a S/. 402,126.49, lo que equivale a S/. 10,332.13/ha. El proyecto es rentable, con un VAN de 732,257, una TIR del 28.91 % y un B/C de 1.86, lo que destaca su viabilidad económica.

Pinto (2017) diseñaron un sistema de riego por goteo para un área de 32.04 ha, dividida en 34 subunidades, con una lámina a reponer de 4.44 mm/día y un caudal por hectárea de 4.04 lph, operando con un intervalo diario de riego de 3 horas en 4 turnos. La captación se dimensionó para un caudal de 300 l/s, utilizando un reservorio con capacidad de 22,000 m³, con dimensiones de 88 m de largo, 73.5 m de ancho y 4 m de profundidad. La tubería matriz es de PVC UF, con diámetros variables entre 63 mm y 200 mm y velocidades menores a 1.5 m/s. Las tuberías porta laterales y laterales están fabricadas en PVC y HDPE, respectivamente. El caudal de los turnos de riego varía entre 32.32 l/s y 33.78 l/s, con presiones entre 11.25 m.c.a. y 45.77 m.c.a. Se instalaron dos electrobombas en serie, cada una con una capacidad de 33.78 l/s y 25.19 hp, además de 9 filtros (4 de grava de 36" y 5 de anillas de 3"), y un *manifold* colector de diámetro 90 mm, asegurando un eficiente funcionamiento del sistema de riego.

2.2. Bases teóricas

Fertilizantes

Se entiende por fertilizante a todo material, orgánico o inorgánico, cuya función principal es proporcionar sustancias nutritivas necesarias a las plantas, capaces de mejorar su crecimiento en un momento dado, que tiene como misión un aumento de producción y una mejora de su calidad (Navarro, 2023).

Compatibilidad de fertilizantes

Las interacciones más comunes de incompatibilidad de los fertilizantes que no se deben mezclar en el mismo tanque, ya que sus iones al disolverse interactúan y forman productos insolubles. Estas interacciones son: fertilizantes cálcicos con fertilizantes sulfatados. Es el típico caso de incompatibilidad, ya que al disolverlos en el mismo tanque se tiende a liberar calcio y sulfatos de cada fuente, posteriormente estas se combinan formando precipitados de sulfato de calcio. La mezcla entre el nitrato de calcio con fosfatos provoca la formación de precipitados de fosfato de calcio. Fertilizantes fosfatados con fertilizantes magnésicos. El magnesio al combinarse con el fosfato di y mono amónico, principalmente, favorece la formación de precipitados de fosfato de magnesio (Intagri, 2016).

Manejo de los fertilizantes en fertirrigación

Para la preparación de la solución nutritiva para fertirrigación, llenar el tanque de mezclado primero con 50 - 75 % de la cantidad total de agua requerida en la mezcla. Al finalizar la mezcla se debe agregar agua hasta completar el volumen total, se recomienda tener en cuenta estos aspectos en la preparación de soluciones: Aplicar los ácidos antes que los fertilizantes y siempre colocar el ácido en el agua, agregar los fertilizantes partiendo de los menos solubles, nunca mezclar amoníaco con cualquier ácido, pues la reacción resultante es violenta e inmediata, no mezclar soluciones madres directamente con otras soluciones madres, respecto a las interacciones entre fertilizantes, en soluciones concentradas nunca mezclar fuentes de calcio con fertilizantes fosfatados, mucho menos con fertilizantes sulfatados, revisar y exigir al proveedor de los fertilizantes la información sobre la solubilidad y compatibilidad de estos y aguas extremadamente duras (altos contenidos de

calcio y magnesio), se combinarán con el fósforo o sulfatos formando compuestos insolubles.

Soluciones nutritivas

Una solución nutritiva es una disolución acuosa que contiene parte o la totalidad de todos los nutrientes completamente disociados en forma disponible para la planta como: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, cloro, silicio y azufre hierro, manganeso, cobre, cinc, boro, molibdeno, cobalto y vanadio (Santos y Ríos, 2006).

Interacciones iónicas

Algunos nutrientes minerales (iones) pueden condicionar la absorción de otros nutrientes por la rizosfera o ser antagónicas, por medio de mecanismos de naturaleza fisicoquímica, química o biológica. Estas interacciones, que pueden ocurrir en la superficie de la raíz o dentro de la planta, se conocen respectivamente como antagonismos y sinergismos (Navarro, 2023).

Antagonismo

El antagonismo entre dos iones ocurre cuando, al mantener constante la concentración de un ion "A", el aumento de la concentración del ion "B" en el medio inhibe la absorción del primero, alcanzando su máximo efecto cuando "B" supera a "A". Este fenómeno depende del tamaño del ion hidratado y de su carga. Los principales tipos incluyen: cationes que forman precipitados insolubles, como $\text{Ca}^{++}/\text{HPO}_4^-$, $\text{Ca}^{++}/\text{SO}_4^-$, $\text{Mg}^{++}/\text{SO}_4^-$, $\text{Zn}^{++}/\text{HPO}_4^-$, $\text{Ca}^{++}/\text{BO}_3^-$; cationes que compiten por ingresar a la planta, como $\text{K}^+/\text{Ca}^{++}$, $\text{Na}^+/\text{Mg}^{++}$, NH_4^+/K^+ , $\text{NH}_4^+/\text{Ca}^{++}$, $\text{K}^+/\text{Mg}^{++}$, $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$; y aniones que también compiten entre sí, como $\text{Cl}^-/\text{H}_3\text{PO}_4^-$, $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$, $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^-$, $\text{SO}_4^-/\text{NO}_3^-$. Estas interacciones afectan la disponibilidad de nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal (Favela *et al.*, 2006).

Sinergismo

El sinergismo se puede definir como la acción excitante que produce un elemento "A" sobre la absorción de otro "B", contribuyendo ambos a favorecer o aumentar el desarrollo de la

planta, Los principales son: NO_3^- con Mg, K y S; P con Mg, N, S, Mg y Mo; el azufre (como consecuencia de la acidificación del suelo) con Fe, Mn, Cu, Zn y B; el Ca con K (en suelos ácidos), P (por contribuir a formar el complejo arcillo-húmico) y S (por facilitar la oxidación a la forma $\text{SO}_4^{=}$) (Navarro, 2023).

2.3. Definición de términos básicos

Evapotranspiración potencial (ETp): Es una medida que representa la cantidad máxima de agua que podría ser transpirada por las plantas y evaporada del suelo en condiciones ideales, es decir, cuando el suministro de agua es suficiente y no hay restricciones. Este valor se basa en factores como la temperatura, la radiación solar, la velocidad del viento y la humedad relativa (FAO, 1998).

Coefficiente de cultivo (Kc): Representa la cantidad de agua que un cultivo necesita durante un período específico. El coeficiente de cultivo varía según el tipo de cultivo, su estado de crecimiento y las condiciones locales de clima y suelo (FAO, 1998).

Evapotranspiración del cultivo (ETc): Es una medida que representa la cantidad total de agua que un cultivo utiliza, es esencial para gestionar el riego de manera eficiente, ya que indica cuánta agua necesita un cultivo para mantener su crecimiento óptimo en un período dado (FAO, 1998).

El riego por goteo: El riego por goteo es un sistema que aplica agua directamente en la zona radicular de la planta, de manera eficiente y controlada, mediante goteros o emisores conectados a conductos cerrados (Mora *et al.*, 2022).

III. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

3.1. Metodología de la solución

La propuesta de solución para el manejo del riego por goteo en palto: se propone implementar un calendario de riego basado en la ETc del cultivo, ajustado semanalmente según datos climáticos locales, apoyado por tensiómetros para definir frecuencia y duración, garantizando que el agua alcance la zona radicular sin percolar. Se sugiere instalar sensores de humedad en profundidades de 20, 40 y 60 cm para monitorear en tiempo real y evitar estrés hídrico. Además, realizar análisis regulares de agua y suelo para controlar la conductividad eléctrica (CE), complementando con fertirriego balanceado y lavados estratégicos cuando la CE supere los límites críticos. Finalmente, considerar sistemas automatizados que integren sensores y programadores para optimizar el uso del agua y nutrientes, asegurando una mayor productividad y reducción del impacto de sales en el suelo.

3.2. Desarrollo de la solución

3.2.1 Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicada en el distrito de Supe, provincia de Barranca, departamento de Lima, Perú. Geográficamente, se localiza en la zona UTM 18L, con coordenadas aproximadas de 10°49'14" de latitud sur y 77°39'21" de longitud oeste, a una altitud de 111 metros sobre el nivel del mar.

3.2.2 Balance hídrico

Se realizó con objetivo principal de optimizar el uso del agua en los cultivos, asegurando que las plantas reciban la cantidad adecuada para su desarrollo sin incurrir en excesos ni deficiencias. Esto implica evaluar la disponibilidad de agua en el suelo, definir la cantidad y frecuencia de riegos, y prevenir el estrés hídrico en las plantas, lo cual favorece la eficiencia en el riego y la sostenibilidad en el uso del agua. Además, permite tomar decisiones agronómicas de la disponibilidad hídrica y mitigar el impacto de las variaciones climáticas (Tabla 2). Para ello es importante conocer las variables climatológicas.

Es una herramienta que evalúa la relación entre la cantidad de agua que entra en un sistema y la que sale de este. Tiene en cuenta factores como la precipitación, la evapotranspiración, la infiltración y se utiliza para entender la disponibilidad de agua y gestionar recursos hídricos eficientemente. (Aparicio *et al.*, 2006).

La eficiencia del riego debe evaluarse mediante la aplicación de un balance hídrico y el propósito de un sistema de riego es aplicar la cantidad deseada de agua, a la tasa de aplicación correcta y de manera uniforme a todo el campo, en el momento adecuado, con la menor cantidad de pérdidas y de la manera más económica posible. (Reinders 2022).

Tabla 1*Evapotranspiración potencial mensual*

MES	Temperatura (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Humedad Relativa (%)	Humedad Relativa Mínima (%)	Humedad Relativa Máxima (%)	Precipitación (mm)	ET0 (mm)	Velocidad de Viento Promedio (Km/h)	Dirección de Viento Predominante	Radiación Solar (W/m ²)
Enero	23.78	20.64	28.22	72.12	58.74	80.45	0.00	4.36	4.84	WSW	224.32
Febrero	25.04	21.83	29.52	69.99	54.98	80.10	0.05	4.62	4.39	W	233.44
Marzo	24.59	21.50	28.96	73.76	56.44	86.40	0.07	4.46	4.15	W	231.87
Abril	24.78	21.72	29.42	70.69	54.06	80.97	0.00	4.22	4.85	W	199.87
Mayo	22.30	19.91	25.88	72.47	61.45	79.62	0.00	2.91	4.46	SW	126.80
Junio	21.34	18.87	24.68	71.04	60.94	77.51	0.00	2.73	4.10	SSW	118.35
Julio	20.73	18.81	23.80	71.40	61.80	77.35	0.01	2.49	4.15	SSW	101.80
Agosto	20.13	18.27	22.91	73.90	64.88	79.79	0.05	2.34	4.10	SSW	97.72
Septiembre	19.24	16.99	22.57	76.16	66.04	83.22	0.00	2.56	4.52	SSW	120.79
Octubre	19.27	17.20	23.16	77.22	66.28	83.77	0.01	2.94	4.73	SW	150.74
Noviembre	19.51	17.30	23.11	76.23	65.53	83.31	4.46	3.13	5.13	SW	166.13
Diciembre	21.56	18.99	25.53	74.52	62.66	80.96	0.00	3.89	5.02	SW	207.02

Nota. Estación meteorológica, Fundo Loma Verde

Tabla 2*Determinación de demanda hídrica*

N°	Descripción	Cálculo	Unidad	Meses												Total
				Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
a	Eto	Dato	mm/día	4.36	4.62	4.46	4.22	2.91	2.73	2.49	2.34	2.56	2.94	3.13	3.89	40.7
b	Kc Ponderado	Dato		0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	10.2
f	Evaporación Real	(a x b)	mm/día	3.7	3.9	3.8	3.6	2.5	2.3	2.1	2.0	2.2	2.5	2.7	3.3	34.6
g	Precipitación Efectiva	Dato	mm/día	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
h	Necesidades Netas del Cultivo	(c - d)	mm/día	3.7	3.9	3.8	3.6	2.5	2.3	2.1	2.0	2.2	2.5	2.7	3.3	34.6
i	Eficiencia de Riego	Dato	%	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %
j	Necesidades Totales del Cultivo	(e / f)	mm/día	4.1	4.4	4.2	4.0	2.7	2.6	2.4	2.2	2.4	2.8	3.0	3.7	38.4
k		(e / f) x 10	m3-ha/día	41.2	43.6	42.1	39.9	27.5	25.8	23.5	22.1	24.2	27.8	29.6	36.7	383.9
l	N°de Días del Mes	Dato		31.0	28.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	365.0
m	Demanda Total Unitaria - Mensual	(h x i)	m3/ha/mes	1,276.5	1,221.7	1,305.8	1,195.7	852.0	773.5	729.0	685.1	725.3	860.8	886.8	1,138.9	11651.1
n	Área de Riego	Dato	ha	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.00
o	Demanda Total Mensual	(j x k)	m3/mes	76,591	73,304	78,347	71,740	51,119	46,410	43,741	41,106	43,520	51,646	53,210	68,334	699,068
p	Demanda Total - Diaria	(l / i)	m3/día	2,471	2,618	2,527	2,391	1,649	1,547	1,411	1,326	1,451	1,666	1,774	2,204	23,035

3.2.3 Información agronómica del lugar de estudio

Datos de interés para los cálculos

Superficie	: 60 ha
Evapotranspiración de referencia	: 6 mm/d (5.5 mm + 7.5 %)
Textura del suelo	: Arenoso
Marco de plantación	: 6 m x 3 m
Densidad de plantación	: 555 plantas /ha
Capacidad de campo (CC)	: 15 %
Punto de marchitez permanente (PMP)	: 5 %
Densidad aparente (Da)	: 1.40 gr/cm ³
Fracción de agotamiento (Fa)	: 0.50 %
Profundidad de raíz (Pr)	: 90 cm

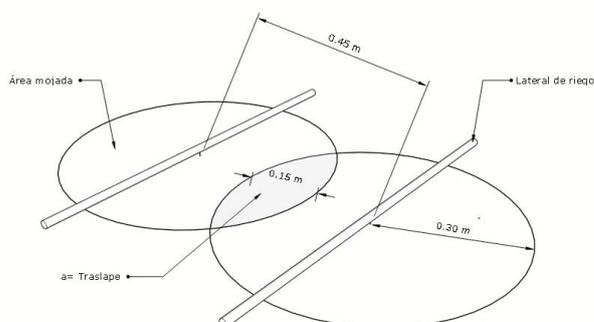
Nota: El sistema de riego fue diseñado para una demanda máximo de 6 mm de agua por día con tres laterales de riego con caudal de 2 l/h, sin embargo, los dos primeros años operara con dos mangueras de goteo para una descarga máxima de 3 mm.

Traslape entre emisores

Traslape entre emisores debe ser como mínimo un 40 % y como máximo hasta el 100 %.

Figura 2

Esquema de traslape de emisores a 40 % de traslape



Nota. Elaboración propia, traslape de área de mojado de emisores

En la figura 2 se esquematiza el traslape resultante al 50 %.

$$S_e = r * \left(2 - \frac{a}{100} \right)$$

Donde: S_e = Separación entre emisores; r = radio humedecimiento de emisor (m); a = Traslape (%).

$$S_e = 0.30 * \left(2 - \frac{50}{100} \right)$$

$$S_e = 0.45 \text{ m}$$

Porcentaje de suelo mojable (PSM): El cual nos servirá para obtener el K_c

$$PSM = \frac{S_e + D_m}{D_s} * 100$$

Donde: S_e = Separación entre emisores; D_m = Diámetro de mojado;
 D_s = Distanciamiento de surco.

$$PSM = \frac{0.48 \text{ m} + 0.60 \text{ m}}{6 \text{ m}} * 100$$

$$PSM = 18 \%$$

3.2.4 Operación del sistema de riego

Demanda Hídrica Diaria.

Para calcular la demanda hídrica se consideró la acumulación semanal de Evapotranspiración (E_{to}) registrado por la estación meteorológica, este valor se multiplica por 10 para llevarlo a volumen de agua en metros cúbicos a reponer semanalmente; este volumen se fracciona en el número de días a regar dependiendo la humedad retenida, en este caso el indicador de referencia fueron los tensiómetros.

Programación de riego

Paso 1: Visualización de la Eto acumulada semanal

Este parámetro se obtiene a partir de la sumatoria de la Eto diaria de una semana. Paara este caso el análisis se realizó con datos del periodo del 06 al 12 de octubre, donde la Eto fue de 20.85 mm.

Nota: Una vez visualizado la Evapotranspiración (Eto) se multiplica por 10 para determinar los m³ de agua por hectárea.

Paso 2: Determinar el Kc

La metodología que se usó para estimar el Kc del cultivo es a través de determinar el área mojada.

Área mojada : 1.8 % (Kc = 0.18).

Paso 3: Determinar Volumen de aplicación semanal

Los cálculos se muestran con datos tomados por la estación meteorología de la semana 41 del año 2024.

Evapotranspiración semanal acumulada	: 20.85 mm
Volumen de evapotranspiración semanal	: 20.85 mm/ha
Kc del del palto (etapa de instalación)	: 0.18
Volumen neto para aplicar por semana	: $20.85 \text{ mm} \times 0.18 = 3.75 \text{ mm}$

Nota: El número de riegos por semana se debe establecer según el monitoreo de humedad del suelo y de conductividad eléctrica para el presente cálculo se estableció un riego por semana según monitoreo de humedad.

Paso 4: Programación Horaria

Una vez definido el volumen de agua a regar, se organiza el programa de riego de manera

que el inicio no se repita, sino que varíe. Así, si hoy el riego comenzó con el turno uno, el siguiente ciclo comenzará con el turno dos, y así sucesivamente hasta completar el ciclo completo.

Paso 5: Ejecución del riego programado

Se inicia la ejecución del riego, para lo cual es necesario monitorear los parámetros de riego hasta que se estabilicen, tales como el caudal, la presión, y la apertura y cierre de las válvulas hidráulicas. Es habitual que estos parámetros presenten irregularidades al inicio del riego y durante los cambios de turno. Sin embargo, se cuenta con un tiempo razonable para que el sistema se normalice. Después de este período, se debe verificar y analizar cualquier desviación que ocurra.

3.2.5 Monitoreo de Humedad y Conductividad Eléctrica

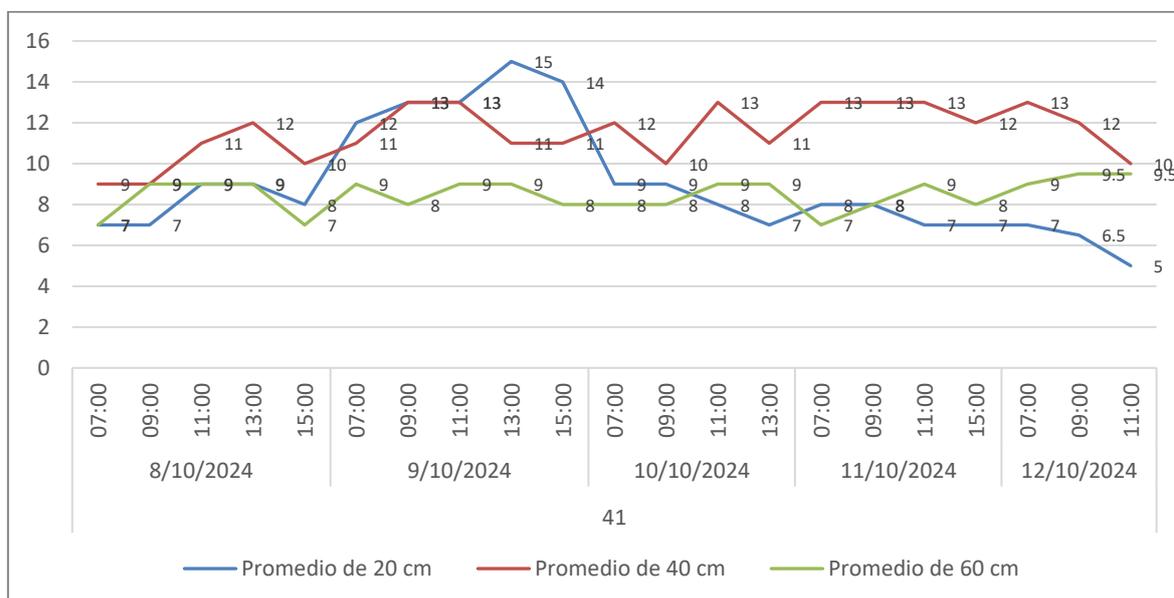
Monitoreo de Humedad-Tensiómetros

Desde la instalación de las estaciones de tensiómetro, se toman cinco lecturas de humedad del suelo por día a diferentes profundidades (20, 40, 60 cm) en las horas 7:00, 9:00, 11:00, 13:00 y 15:00 para analizar el movimiento hídrico. Este análisis muestra como los patrones de humedad de zonas radiculares (20- 40 cm de profundidad) tienden a disminuir rápidamente que, a profundidades mayores, lo que sugiere una mayor evaporación en la superficie. A partir de estos datos, se pueden elaborar conclusiones sobre el manejo del riego y la conservación del agua, considerando factores como el tipo de suelo y las condiciones climáticas que afectan el movimiento hídrico en el sistema.

Teniendo en cuenta los datos se establecieron en riego cuando el tensiómetro instalado a registrado lecturas de 15 cb a 20 cm de profundidad tal como se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Monitoreo de lectura de tensiómetros

**Nota.** Elaboración propia

El gráfico refleja el impacto del riego realizado el 9 de octubre de 2024 a la 1:00 p.m. A 20 cm de profundidad (línea azul), se observa un pico en la tensión del suelo justo antes del riego, alcanzando un valor de 15, lo que indica una baja disponibilidad de agua. Posterior al riego, los valores descienden rápidamente, evidenciando que el suelo en esta profundidad recibió agua y aumentó su humedad. Este efecto es más marcado a partir de las 3:00 p.m. del mismo día, cuando la tensión disminuye gradualmente.

En comparación, a 40 cm (línea roja), la respuesta al riego es menos evidente. Aunque también se aprecia una leve disminución en la tensión después del evento, los valores permanecen más altos y estables, indicando que el agua no alcanzó a infiltrar significativamente esta capa. Por su parte, a 60 cm (línea verde), los valores se mantienen constantes, lo que sugiere que el riego no afectó la humedad en esta profundidad.

En general, el gráfico confirma que el riego tuvo un impacto inmediato en las capas más superficiales (20 cm), donde la disponibilidad de agua aumentó, mientras que las capas más

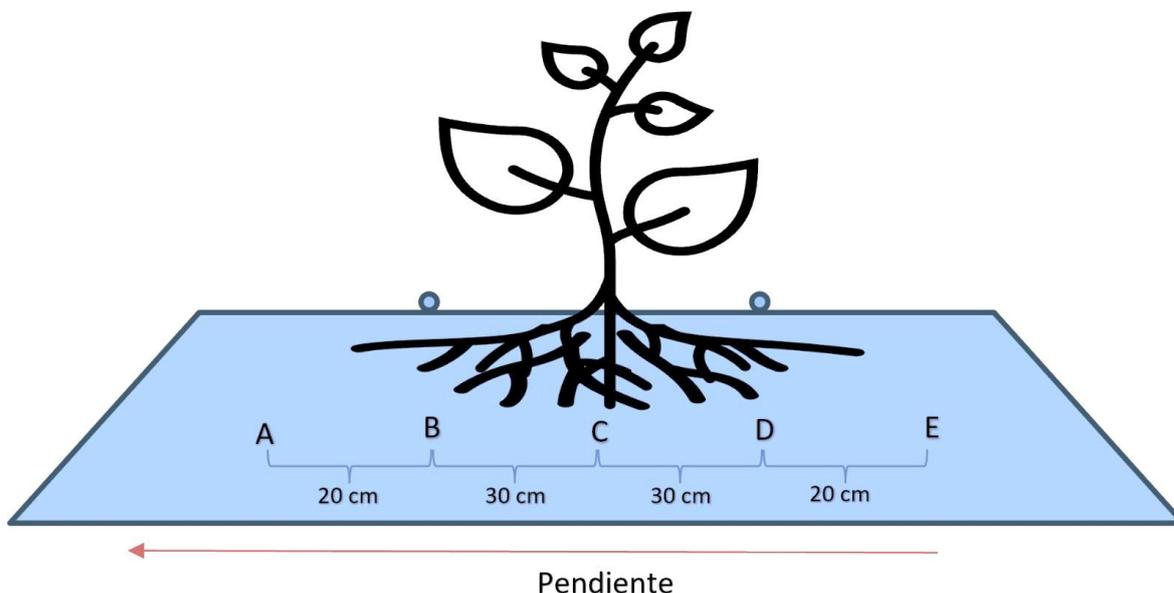
profundas permanecieron relativamente estables. Esto podría indicar un riego de corto alcance, más efectivo para las raíces superficiales que para las profundas.

Monitoreo de CE

Monitorear la conductividad eléctrica (CE) del suelo es crucial para evaluar su salinidad y la concentración de sales disueltas, un exceso de sales en el suelo puede interferir en la absorción de agua por las plantas, causando estrés hídrico incluso en condiciones de humedad adecuada, lo que puede reducir el rendimiento y calidad de los cultivos. Además, la CE ayuda a ajustar prácticas de riego y fertirrigación, evitando la acumulación excesiva de sales y permitiendo una mejor gestión del agua, especialmente en áreas con escasez hídrica. Monitorear este parámetro también permite detectar problemas a tiempo, facilitando la recuperación de suelos salinos y manteniendo condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos.

Figura 4

Corte transversal de surco y ubicación de puntos de muestreo

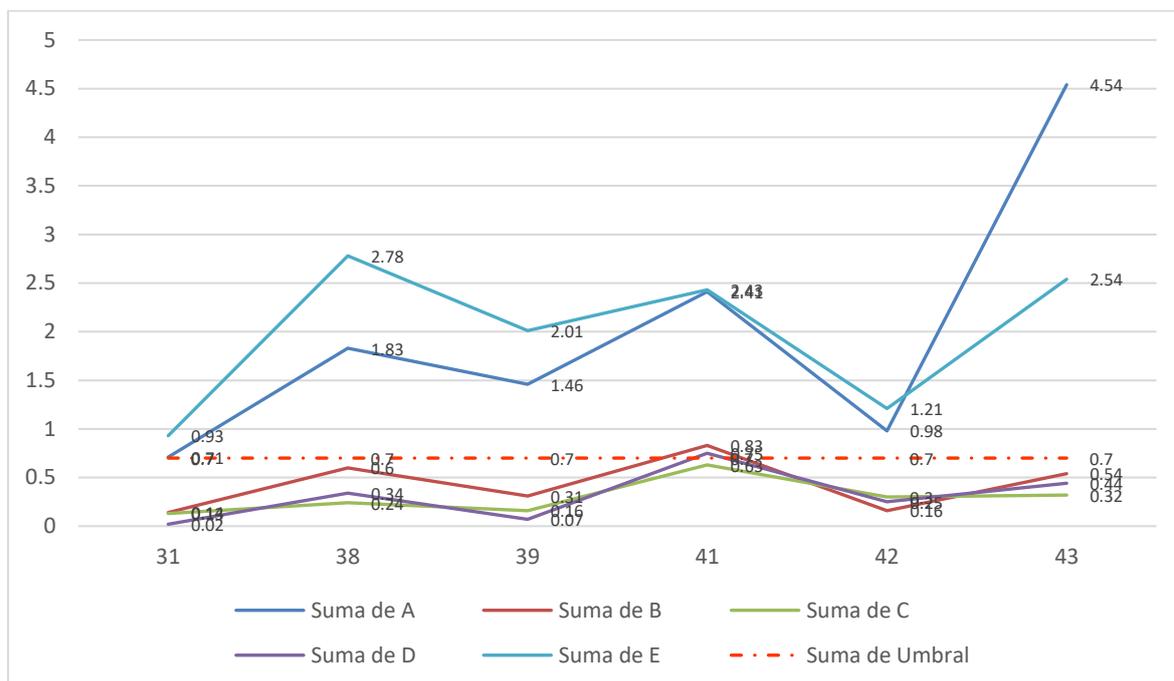


Nota. Elaboración propia. Puntos de Muestreo

En la figura 4, se presenta el esquema de un corte transversal del surco donde se ubican los puntos de muestreo del suelo para medir la CE, con el objetivo de monitorear el movimiento de sales en la zona radicular. Los puntos de muestreo A y E generalmente representan zonas de mayor acumulación de sales, por lo tanto, muestran conductividades eléctricas elevadas. En cambio, si se detectan niveles por encima del umbral (0.7 dS/m 1:1) representado con línea punteados en la Figura 5. La CE en los puntos B, C, y D, que corresponden a áreas más cercanas a la zona radicular activa de las plantas, se toma la decisión de aplicar un riego de lavado como lo establecido como lo ocurrido en la semana 41 de la figura 5 que una vez superado el umbral se realizó un riego lavado y en la siguiente medición de CE los valores cayeron. Este enfoque asegura un mejor manejo de la salinidad en el suelo y protege el desarrollo del cultivo.

Figura 5

Curva de movimiento de Comportamiento de la CE según riegos lavado



Nota. Elaboración propia

3.2.6 Fertirrigación

Fertilizantes

Se seleccionaron los siguientes fertilizantes como fuente de macroelementos primarios y secundarios.

Composición de los fertilizantes usados

En la tabla 3 se presenta el porcentaje de composición de los principales fertilizantes usados en el proyecto, prefiriéndose fertilizantes nitrados y evitando los fertilizantes sulfatados.

Tabla 3*Composición de los fertilizantes usados*

Fertilizantes	Ley de Fertilizantes (%)					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	CaO	MgO
Nitrato de Amonio	33.00					
Ácido Fosfórico		61.50				
Fosfato monoamónico	12.00	61.00				
Nitrato de Potasio	13.50		41.00			
Sulfato de Potasio			50.00	18		
Nitrato de Calcio	15.00				26.00	
Nitrato de Magnesio	11.00					15.00

Nota. Elaboración propia**Propiedades fisicoquímicas de los fertilizantes**

Las características importantes que debe tener en cuenta para ser considerados en los programas de fertirriego son: alta solubilidad (> 100 g/l), alta pureza (> 95 %), y baja salinidad (Intagri, 2016).

Solubilidad: Para un programa de fertirriego la solubilidad es un factor esencial a tener en cuenta. En la etiqueta del producto especifica si es cristalino soluble (Santos y Ríos, 2006), en la tabla 4 se presenta su solubilidad a un rango de temperatura, estos es necesario conocer al momento de preparar el volumen de la solución nutritiva.

Tabla 4*Solubilidad de los fertilizantes usados*

Fertilizante	Formula	Solubilidad (g)			C.E dS/m	pH
		0 °C	20 °C	40 °C		
Nitrato de Amonio	NH ₄ NO ₃	1185	1877	2830	1.6	5.5
Ácido Fosfórico	H ₃ PO ₄					
Nitrato de Potasio	KNO ₃	133	316	639	1.3	7

Nitrato de Calcio	Ca (NO ₃) ₂ - 4H ₂ O	1010	1294	1960	1.2	6.5
Nitrato de Magnesio	Mg (NO ₃) ₂ - 6H ₂ O	639	701	818	0.5	6

Nota. Elaboración propia a partir de ficha técnica de productos

Preparación de soluciones nutritivas: Se presenta una Tabla 5 de compatibilidades para mezclar abonos en soluciones madre. Siempre es conveniente utilizar el menor número de abonos posibles. Y en la tabla 6 se presenta los máximo y mínimos que debe tener una solución nutritiva para que no exista precipitación ni incompatibilidades.

Tabla 5

Compatibilidad de los fertilizantes usados en el fertirriego

FERTILIZANTES	Nitrato de Amonio	Ácido Fosfórico	Fosfato Monoamónico	Nitrato de Potasio	Sulfato de Potasio	Nitrato de Calcio	Nitrato de Magnesio
Nitrato de Amonio	C						
Ácido Fosfórico	C						
Fosfato Monoamónico	C	C					
Nitrato de Potasio	C	C	C				
Sulfato de Potasio	C	C	C	C			
Nitrato de Calcio	C	I	I	C	I		
Nitrato de Magnesio	C	I	I	C	I	C	

C: Compatible, I: Incompatible

Nota. (Intagri, 2016)

Tabla 6

Parámetros de solución nutritiva máximos y mínimos en %

Rango	% Cationes				% Aniones			
	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	Cl ⁻
Mínimo	10	22.5	0.5	0	20	1.3	10	0
Máximo	62.5	62.5	40	15	80	10	70	20

Nota. (Favela *et al.*, 2006)

Relación de nutrientes a tener en cuenta (Santos y Ríos, 2006)

La importancia en una solución nutritiva es obtener un equilibrio en el balance de nutrientes (potasio, calcio y magnesio) y lo opuesto podría llevar a deficiencias o toxicidades. Adicionalmente, un equilibrio óptimo de estos cationes, contrarrestan los efectos de la salinidad y mantiene el pH de la solución estable, optimizando la disponibilidad de nutrientes. Tabla 7, se registra el rango ideal.

Tabla 7

Relaciones catiónicas

RELACIÓN		RANGO IDEAL
Relación Calcio/Magnesio	$\frac{Ca^{++}}{Mg^{++}}$	1.6 - 1.4
Relación Sulfato/Nitrato	$\frac{SO_4^-}{NO_3^-}$	~ 0.3
Relación Potasio/(Calcio + Magnesio)	$\frac{K^+}{Ca^{++} + Mg^{++}}$	0.5 - 1
Relación Potasio/Calcio	$\frac{K^+}{Ca^{++}}$	1.5 - 2

3.2.7 Preparación de solución nutritiva

Tabla 8*Preparación de soluciones nutritivas y balanceo de iones*

	ION	AGUA	APORTE	SUMATORIA	%	CALIFICACIÓN	MIN	MAX
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	% (g)	% (h)
Cationes	Ca ⁺⁺	2.26	0.00	2.26	26.0	Ideal	22.5	62.5
	K ⁺	0.10	2.70	2.80	32.2	Ideal	10.0	65.0
	Mg ⁺⁺	0.72	0.68	1.40	16.1	Ideal	0.5	40.0
	NH ₄ ⁺	0.00	0.00	0.00	0.0	Ideal	0.0	15.0
	Na ⁺	2.24	0.00	2.24	25.7	Exceso	0.0	15.0
			5.32	3.38	8.7			
Aniones	NO ₃ ⁻	1.10	2.90	4.00	43.0	Ideal	20.0	80.0
	SO ₄ ⁼	2.34	0.00	2.34	25.2	Ideal	10.0	70.0
	H ₂ PO ₄ ⁻	0.00	0.75	0.75	8.1	Ideal	1.3	10.0
	HCO ₃	1.71	0.00	1.71	18.4	Ideal	0.0	10.0
	Cl ⁻	0.50	0.00	0.50	5.4	Ideal	0.0	20.0
			5.65	3.65	9.30			

De la tabla 8, la preparación de una solución nutritiva base, requiere en primer lugar, la identificación de los iones esenciales (columna a) y el análisis de su concentración en el agua de riego (columna b). Posteriormente, se debe determinar la cantidad adicional de cada ion que se debe suministrar a través de fertilizantes (columna c) y calcular la sumatoria total de los aportes de agua y fertilizantes (columna d). Para asegurar la estabilidad iónica de la solución, la diferencia entre la sumatoria de cationes y aniones no debe exceder el 10 %. Finalmente, los valores obtenidos para cada ion, expresados en porcentaje, deben estar dentro de los rangos mínimos y máximos establecidos, de modo que se eviten situaciones de toxicidad o deficiencia nutricional en los cultivos.

Relación de nutrientes a tener en cuenta

En la tabla 9 se muestra las relaciones iónicas que presenta la solución nutritiva preparada en la Tabla 8, columna “d”.

Tabla 9

Calificación de la relación de iónicas en la disolución a preparar

RELACIÓN		RANGO	CALIFICACIÓN
$\frac{Ca^{++}}{Mg^{++}}$	$\frac{2.26}{1.4} = 1.6$	1.6 - 1.4	Ideal
$\frac{SO_4^{=}}{NO_3^-}$	$\frac{2.34}{4} = 0.59$	~ 0.3	Alto
$\frac{K^+}{Ca^{++} + Mg^{++}}$	$\frac{2.8}{2.26 + 1.4} = 0.77$	0.5 - 1	Ideal
$\frac{K^+}{Ca^{++}}$	$\frac{2.8}{2.26} = 1.24$	1.5 - 2	Ideal

Nota. Elaboración propia

Cálculo de cantidad de fertilizante

Para los cálculos destinados a determinar la cantidad de fertilizantes a aplicar, se utilizó la cantidad de iones especificada en la Tabla 8, columna C. Estos valores proporcionan la concentración exacta de cada ion.

Cálculo de nitrato de magnesio

Para determinar la cantidad de nitrato de magnesio necesaria para 37.5 m³ de agua, primero se convierte la concentración de magnesio de mEq/L a mg/L utilizando el factor 1 mEq=12.15 mg, resultando en 8.262 mg/L. Luego, se calcula el magnesio total necesario multiplicando esta concentración por el volumen total del agua (37,500 L), obteniendo 309.83 g de Mg. Posteriormente, se convierte esta cantidad a su forma oxidada (MgO) usando la relación de masas molares (1 g de Mg=1.66 g de MgO), lo que da 514.31 g de MgO. Sabiendo que el nitrato de magnesio comercial contiene un 15 % de MgO, se calcula que se necesitan 3.43 kg de nitrato de magnesio. Además, este fertilizante aporta un 11 % de nitrógeno, lo que equivale a 0.377 kg de N derivados de los 3.43 kg de nitrato de magnesio.

Cálculo de nitrato de potasio

Para calcular la cantidad de nitrato de potasio necesaria para 37.5 m³ de agua, primero se convierte la concentración de potasio de 2.22 mEq/L a 86.78 mg/L usando el factor 1 mEq=39.09 mg. Luego, se determina la cantidad total de potasio (K⁺) multiplicando esta concentración por el volumen total de agua (37,500 L), lo que da 3254.25 g de K. Posteriormente, se convierte esta cantidad a su forma oxidada (K₂O) utilizando la relación de masas molares (1g de K = 1.2 de K₂O), obteniendo 3905g de K₂O. Sabiendo que el nitrato de potasio comercial contiene un 45 % de K₂O, se calcula que se necesitan 8.68 kg de nitrato de potasio. Además, este fertilizante aporta un 13 % de nitrógeno, lo que equivale a 1.13 kg de N derivados de los 8.68 kg de nitrato de potasio.

Cálculo de sulfato potasio

Nota: se aplicó 2.22 mEq/l de K⁺ se aportará en forma de nitrato de potasio y 0.48 mEq/l aportaremos en forma de sulfato de potasio.

Para determinar la cantidad de sulfato de potasio necesaria para 37.5 m³ de agua, primero se convierte la concentración de 0.48 mEq/L de potasio (K⁺) a 18.76 mg/L utilizando el factor 1 mEq=39.09 mg. Luego, se calcula el potasio total requerido multiplicando esta

concentración por el volumen de agua (37,500 L), resultando en 703.50 g de K. Posteriormente, se convierte esta cantidad a su forma oxidada (K₂O) utilizando la relación de masas molares (1 g de K = 1.2 g de K₂O), obteniendo 844.2 g de K₂O. Sabiendo que el sulfato de potasio comercial contiene un 50 % de K₂O, se calcula que se necesitan 1.69 kg de sulfato de potasio. Finalmente, dado que este fertilizante aporta un 18 % de azufre (S), se determina que los 1.69 kg de sulfato de potasio proporcionan 0.22 kg de S.

Neutralización de Bicarbonatos

Se recomienda que una solución nutritiva debe tener 0.5 mEq/l de bicarbonato y el resto se debe neutralizar con una ácido, en este caso con ácido fosfórico.

Para neutralizar los bicarbonatos presentes en 37.5 m³ de agua de riego con una concentración de 1.2 mEq/L, se requiere 1.023 L o 1.73 kg de ácido fosfórico, calculado en base a su peso equivalente (32.66 g/mol), densidad (1.69 kg/L) y pureza (85 %). Este ácido no solo cumple la función de neutralización, sino que también como fuente de fósforo (P), dependiendo del objetivo específico de su aplicación

Cálculo de ácido fosfórico

Para neutralizar 1.2 mEq/L de bicarbonatos en 37.5 m³ de agua, se utilizaron 1.73 kg de ácido fosfórico, el cual aporta 1063.95 g de P₂O₅ (61.5 % del ácido). Convertido a fósforo elemental (P) usando la constante 0.4364, se obtiene un aporte de 464.31 g de P. Para determinar la cantidad de H₂PO₄⁻ derivada, se multiplica por la constante 3.131 (relación molar entre P y H₂PO₄⁻), resultando en 1453.75 g de H₂PO₄⁻. Esto equivale a una concentración de 38.77 g/m³ o 0.3998 mEq/L en el agua tratada.

Cálculo de cantidad de fosfato monoamónico

Para cubrir el requerimiento total de 0.75 mEq/L de H₂PO₄⁻, se aportaron 0.3998 mEq/L con ácido fosfórico y los 0.3502 mEq/L restantes se suplementarán con fosfato monoamónico. Esto equivale a 33.96 mg/L de H₂PO₄⁻, lo que para 37.5 m³ de agua suma 1273.46 g. Convertido a fósforo elemental (P) mediante la constante 0.3161, se obtienen

402.54 g de P, que al transformarse a P₂O₅ usando la constante 2.291, resultan en 922.35 g de P₂O₅. Finalmente, para suplir esta cantidad de P₂O₅, se requerirán 1.51 kg de fosfato monoamónico, considerando su pureza del 61 %.

Cálculo de Nitrato de amonio

El requerimiento total de NO₃⁻ es de 2.9 mEq/L, que se cubre completamente con los aportes de nitrato de magnesio (0.68 mEq/L) y nitrato de potasio (2.22 mEq/L). Al sumar estos fertilizantes, no hay diferencia ni necesidad de suplementar con nitrato de amonio.

Tabla 10

Resumen de cantidad de fertilizantes usados para la semana 43 en 37.5 m³

Fertilizante	Cantidad (kg)
Nitrato de Magnesio	3.43
Nitrato de potasio	8.68
Sulfato de potasio	1.69
Ácido fosfórico	1.73
Fosfato monoamónico	1.51

Nota. Elaboración propia

El análisis de suelos registra una considerable cantidad de Calcio disponible, por este motivo no se consideró incorporar fertilizantes a base de calcio,

3.2.8 Seguimiento Nutricional

Para el seguimiento nutricional se enviaron muestras al laboratorio como:

Muestras de agua

Muestras de hoja para análisis foliar

Muestras de solución fertirriego (SFR)

Muestras de solución suelo a 20 cm de profundidad

Muestras de solución suelo a 40 cm de profundidad

Muestras de solución suelo a 60 cm de profundidad

Esta actividad debe realizar en forma periódica para el análisis, interpretación y/o corrección de nutrientes.

Interpretación de Análisis foliar

Para la interpretación de datos se recomienda usar estos, parámetros y dependiendo a esto corregir los aportes (Tabla 11). Dependiendo de los resultados se incrementa o disminuir iones en la solución nutritiva.

Tabla 11*Rangos de interpretación de análisis foliar de palto*

ELEMENTO	DEFICIENTE	BAJO	NORMAL	ALTO	EXCESO	UNID. MED.
Nitrógeno	1.4	1.41 – 2.19	2.2 – 2.4	2.41 - 2.69	2.7	%
Fosforo	0.05	0.06 – 0.07	0.08- 0.15	0.16 – 0.24	0.25	%
Potasio	0.35	0.036	0.75 – 1.25	1.26 – 2.24	2.25	%
Calcio	0.5	0.51 – 0.99	1.00 – 2.00	2.01 – 2.99	3.00	%
Magnesio	0.25	0.26 – 0.39	0.40 – 0.80	0.81 - 0.99	1.00	%
Sodio	-	-	0.06	0.06 – 0.24	0.25	%
Azufre	0.05	0.06 – 0.19	0.20 – 0.60	0.61 – 0.99	1.00	%
Cloro	-	-	0.07 – 0.23	-	0.25	ppm
Cobre	3	4	5-15	16 - 24	25	ppm
Hierro	40	41 - 49	50 – 150	151 - 249	250	ppm
Manganeso	19	20 - 49	50 – 250	251 -749	750	ppm
Molibdeno	0.01	0.02 – 0.04	0.05 – 1.00	-	-	ppm
Zinc	20	21 - 24	25 – 100	101 - 299	300	ppm
Boro	14	15 - 49	50- 80	81 - 149	150	ppm

Nota. (Gardiazabal, 2004)

Solución a suelo a profundidades 20, 40, 60 cm profundidad

Las soluciones suelo se extraen con lisímetros o "chupatubos" que son herramientas para monitorear la dinámica de iones en el perfil del suelo. Permiten obtener muestras de solución del suelo a distintas profundidades, para evaluar hasta qué punto están llegando los iones y en qué profundidad se están acumulando, siendo de suma importancia. Esto es particularmente útil para ajustar la gestión del riego y la fertilización, así como para monitorear la eficiencia en la lixiviación de sales.

Tabla 12

Análisis foliar de palto

Muestra	Macroelementos (g/100 g)							Microelementos (ppm)						
	N	P	K	Na	Ca	Mg	S	Cl	B	Fe	Cu	Zn	Mn	Mo
Mod 2	3.05	0.23	0.7	0.02	1.86	0.53	0.28	0.05	60	223	19	60	80	0.7

Nota. Elaboración propia a partir de análisis foliar

Interpretación

A partir del análisis foliar (Tabla 12) realizado como parte del seguimiento nutricional del cultivo de palto, se concluye que los niveles elevados de nitrógeno (N) requieren un ajuste en el programa de fertilización. Asimismo, los niveles de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), Magnesio (Mg) y microelementos, como hierro (Fe) y zinc (Zn), se encuentran en rangos aceptables, lo que indica que el manejo actual es adecuado para estos nutrientes. Con base en estos resultados, se procederá a ajustar las dosis de fertilización, priorizando un balance adecuado que mantenga la productividad del cultivo y minimice riesgos de desequilibrios nutricionales.

A partir de la interpretación del análisis foliar, se ha determinado que es necesario ajustar la dotación de nutrientes en el cultivo de palto, especialmente en relación con los niveles de nitrógeno (N), para optimizar el desarrollo y la producción del cultivo. Durante los siguientes ciclos de fertilización, se realizará un ajuste en las dosis de nutrientes, siguiendo las recomendaciones del análisis, hasta la obtención de nuevos resultados con el envío de nuevas

muestras, lo que permitirá monitorear la evolución nutricional y asegurar un balance adecuado.

IV. ANÁLISIS CRÍTICO

4.1. Cuadro de inversión

Tabla 13

Inversión de en equipos para el cumplimiento de la propuesta

Nº	Rubro	Unid.	Cantidad	Costo Unitario	Costo total	Costo /Ha
01	Estación Meteorológica	Unidad	1	7600.00	7600.00	126.67
02	Tensiómetro de 20 cm	Unidad	5	441.18	2205.9	36.76
03	Tensiómetro de 40 cm	Unidad	5	457.29	2286.45	38.11
04	Tensiómetro de 60 cm	Unidad	5	473.40	2367.00	39.45
05	Combo pHmetro	Unidad		823.00	823.00	13.72
06	Nitrato de magnesio	kg	3.43	4.80	16.46	0.27
07	Nitrato de potasio	kg	8.68	5.32	46.18	0.77
08	Sulfato de potasio	kg	1.69	8.51	14.38	0.24
09	Ácido fosfórico	kg	1,73	18.38	31.80	0.53
10	Seguimiento nutricional	Unidad	1	11400	11400	190.00
11	Monitoreo de CE	Jornal	7	65	455	7.58

Nota. Elaboración propia

4.2. Análisis de costos – beneficio

Identificación de los Beneficios Potenciales de los Insumos y Materiales

Estación Meteorológica: Permite monitorear condiciones climáticas y anticipar el comportamiento climático, lo cual puede optimizar el riego y la aplicación de insumos. Es decir, puede reducir costos en agua y energía y mejorar la productividad.

Tensiómetros: Miden la humedad del suelo, permitiendo aplicar riego de manera precisa y eficiente, lo cual ahorra agua y evita problemas por exceso de riego, protegiendo la salud de

las plantas y maximizando los rendimientos.

Combo pHmetro: Ayuda a monitorear el pH y conductividad del suelo y/o agua, que es esencial para asegurar una nutrición adecuada de las plantas y evitar problemas de toxicidad o deficiencia de nutrientes.

Fertilizantes (Nitrato de Magnesio, Nitrato de Potasio, Sulfato de Potasio, Ácido Fosfórico): Los nutrientes contribuyen a la salud de las plantas, al optimizar su uso juntamente con la información del análisis de suelos, se pueden reducir desperdicios y maximizar la cosecha. Seguimiento Nutricional y Monitoreo de Conductividad Eléctrica (CE): Evaluar y ajustar los niveles de nutrientes y salinidad permite evitar deficiencias o excesos que afecten la producción.

Costos de los Insumos y Materiales

Aunque los costos realizados en la adquisición de tensiómetro, estación meteorológica, seguimiento nutricional son costos fijos estos son usados en las 60 has que representa el proyecto.

En el caso de los fertilizantes, en el informe se detalló los cálculos realizados para una semana donde la evapotranspiración (Eto) es baja como se señala en la tabla 1, y por tanto el consumo de recurso hídrico y nutrientes es menor, estos irán incrementando conforme incrementa la Eto y la fenología del cultivo, y por ende el requerimiento se irá incrementando.

4.3. Análisis de Beneficio

Ahorro de Recursos: Cuantifica el ahorro potencial en agua, fertilizantes y otros insumos que se lograría con el uso de la estación meteorológica y los tensiómetros. Estos dispositivos pueden reducir el consumo en un rango de 10 - 30 %, dependiendo de las condiciones de tu campo.

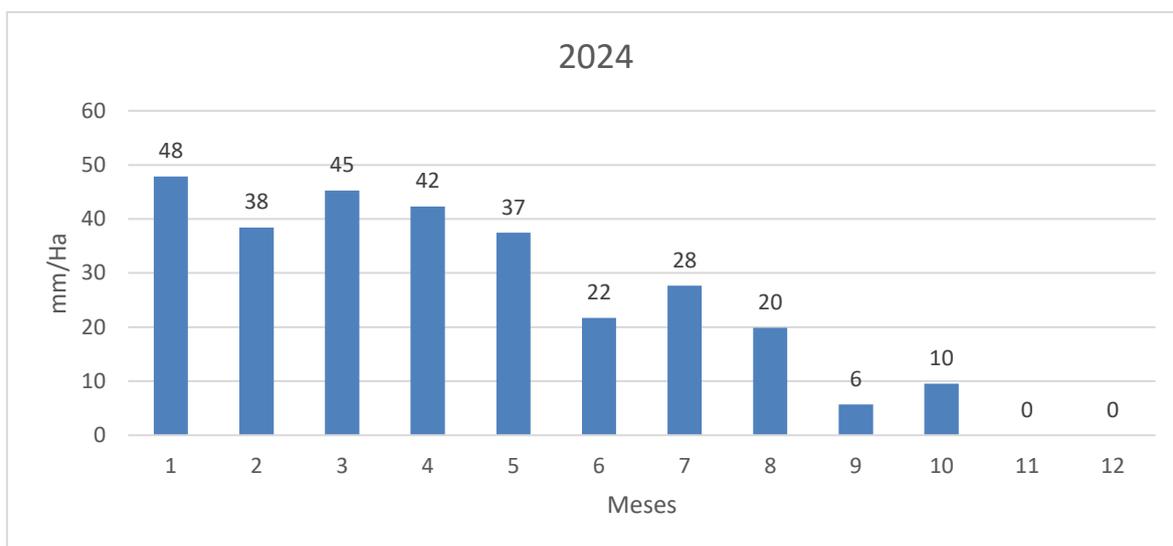
Aumento en Productividad: Analiza el incremento potencial en la producción debido a una mejor gestión de riego y nutrientes. Se podría esperar un aumento en el rendimiento de un

5-20 % dependiendo del cultivo y el clima.

Prevención de Problemas: Al monitorear y ajustar condiciones de riego, pH y CE, puedes evitar pérdidas significativas por condiciones desfavorables o desequilibrios nutricionales. La reducción en pérdidas podría equivaler a un ahorro de 5-15 % en costos de reposición y producción.

Figura 6

Consumo hídrico mensual del año 2024 (mm)



Nota. Elaboración propia

En la figura 7 se muestra los milímetros de agua consumidos en el año 2024 hasta el mes de octubre, con el kc estimado de 0,18 determinado por el área de mojado.

V. APORTES MÁS SIGNIFICATIVOS A LA EMPRESA

5.1. Aportes significativos que se realizó

Se optimizó la dotación de agua de forma racional y en los momentos que el palto requiere, este enfoque es fundamental en la gestión sostenible del recurso hídrico, especialmente en contextos de escasez hídrica y donde el costo de la energía para el bombeo o impulsión es significativo. Bajo este concepto el uso de tensiómetros fue fundamental, como una referente en la toma de decisiones, para suministrar la cantidad necesaria y satisfacer las demandas hídricas del palto.

El suministro de nutrientes basada en un análisis integral de los aportes del recurso agua y suelo, permiten optimizar su uso, minimizando la aplicación excesiva de fertilizantes y reduciendo pérdidas por lixiviación. Este enfoque se centra en cubrir las necesidades nutricionales de la planta de manera eficiente, ajustando las dosis de nutrientes de acuerdo con las condiciones específicas del suelo y la composición química del agua de riego. Así, se evita la acumulación de elementos no deseables en el suelo, promoviendo un manejo sustentable que previene la contaminación de aguas subterráneas y promueve la conservación de los recursos naturales.

El monitoreo nutricional es un proceso clave que asegura la provisión adecuada de nutrientes en cada etapa fenológica del cultivo, ajustándose a sus demandas específicas de desarrollo. Mediante un seguimiento continuo, es posible identificar y corregir a tiempo posibles deficiencias o excesos nutricionales, lo que permite maximizar el crecimiento y la productividad del palto. Este enfoque dinámico no solo optimiza el uso de insumos, sino que también previene la contaminación edáfica y ambiental.

VI. CONCLUSIONES

La implementación exitosa de una programación precisa del riego, junto con la integración de variables climáticas clave como la evapotranspiración (E_t) y el coeficiente del cultivo (K_c), ha optimizado el sistema de riego. Esto ha permitido un suministro adecuado de agua ajustado a las necesidades reales del cultivo, mejorando la eficiencia en el uso del recurso y asegurando que no haya riegos insuficientes ni excesivos de riego.

Se implementó la fertirrigación como un método integral y controlado, complementando al aporte de nutrientes del suelo y agua, dando como resultado la optimización en el uso de fertilizantes y un menor riesgo por excesos y pérdidas por lixiviación. Este enfoque, vinculado con un seguimiento nutricional continuo, garantiza que las necesidades de la planta se satisfacen en cada etapa fenológica, corrigiendo a tiempo posibles carencias o excesos.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda seguir con las metodologías implementadas para palto instalado en similares condiciones edafoclimáticas.

Para una dotación de agua eficiente, se recomienda considerar el estado fenológico del palto, parámetros climáticos como evapotranspiración, así como la capacidad de retención de agua del suelo. Estos factores determinan la cantidad y frecuencia de riego que sean necesarias. Además, contar con equipos medidores de humedad del suelo, tanto directos como indirectos, que permitan ajustar el riego de forma precisa a las necesidades del palto, evitando el exceso o déficit de agua y promoviendo un uso más sustentable del recurso hídrico.

Se recomienda que los cálculos de dotación de nutrientes sean flexibles y ajustables en función de la cantidad de agua aplicada, evitando una programación rígida que no responda a las condiciones cambiantes del desarrollo del palto. Este enfoque debe complementarse con un seguimiento nutricional continuo y periódico, lo cual permite detectar y corregir oportunamente optimizando el uso de nutrientes y adaptándose mejor a las necesidades del palto en cada fase fenológica de crecimiento.

Se recomienda un monitoreo frecuente de la conductividad eléctrica del suelo y del agua, lo cual permite identificar acumulaciones salinas que puedan afectar el desarrollo de los cultivos. Este seguimiento es un indicador para aplicar la técnica de remediación (lavados de suelo) de manera oportuna, evitando la acumulación excesiva de sales. Además, en caso de detectar niveles altos, es importante implementar medidas de mitigación que protejan al palto de posibles daños, ajustando el manejo de riego y fertilización para preservar la salud del palto.

REFERENCIAS

- ANA. (2019). *Ley de los Recursos Hídricos N° 29338* (Ediciones ANA).
<https://hdl.handle.net/20.500.12543/228>
- Aparicio, J., Lafragua, J., Gutiérrez, A., Mejía, R., & Aguilar, R. (2006). *Evaluación de los recursos hídricos: Elaboración del balance hídrico integrado por cuencas hidrográficas*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000228100>
- Ayala, L., & Gonzales, L. (2014). *Diseño e Instalación de un Sistema de Riego por Goteo para 38.92 hectáreas en el Grupo de Gestión Empresarial El Progreso—Pátapo, Chiclayo*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- FAO. (1998). *Evapotranspiracion del cultivo*.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/8802ddc9-86b6-4f13-96b7-4871dd3aee65/content>
- FAO. (2022). *La FAO y los objetivos de desarrollo sostenible*. FAO.
<https://doi.org/10.4060/cc2063es>
- Favela, E., Preciado, P., & Benavides, A. (2006). *Manual para la preparacion de soluciones nutritivas* (Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro). chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglefindmkaj/https://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Manual_Soln_Nutritivas.pdf
- Gardiazabal, F. (2004). *Riego y nutricion en paltos*.
https://www.avocadosource.com/Journals/2_Seminario/2_Seminario_Gardiazabal_Fertilizacion_y_Riego_SPAN.pdf
- Intagri. (2016). *La compatibilidad de los fertilizantes en fertirrigación*. Intagri.com.
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-compatibilidad-de-los-fertilizantes-en-fertirrigacion>

- Juarez, Y. de F. (2019). *Impacto del cambio climatico en la disponibilidad de agua para el cultivo de palto* [Tesis]. UNiversidad Cientifica del Sur.
- Mora, D., Lobos, P., & Cáceres, E. (2022). *Sistemas de riego tecnificado por goteo* (Manual INIA). <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/8ef7d3f4-14da-4e0f-b5db-a080c019cb41/content>
- Navarro, G. (2023). *Fertilizantes. Química y acción* (2.^a ed.). Mundi-Prensa Libros, S.A. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=1yjFEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=fertilizantes&ots=c7P99uNKz6&sig=GbDkzto9IFN-v72mI9FETynFuao#v=onepage&q=fertilizantes&f=false>
- Pinto, J. (2017). *Diseño de riego tecnificado por goteo, Grupo Dunas, Distrito de Independencia, Provincia de Pisco, Ica* [Universidad Nacional Agraria la Molina]. <http://45.231.83.156/handle/20.500.12996/3414?show=full>
- Pranav, M., Memon, A., Suryanarayana, T. M. V., & Parekh, F. P. (2017). *Evaluation of drip irrigation system for different operating pressures*. 72(4). https://www.researchgate.net/profile/Akil-Memon/publication/332143524_EVALUATION_OF_DRIP_IRRIGATION_SYSTEM_FOR_DIFFERENT_OPERATING_PRESSURES/links/5cdbf8d7a6fdccc9dda6e759b/EVALUATION-OF-DRIP-IRRIGATION-SYSTEM-FOR-DIFFERENT-OPERATING-PRESSURES.pdf
- Reinders, F. B. (2022). *Irrigation water use efficiency: A water balance approach*. 1, 142-148. <https://doi.org/10.1002/rvr.2.18>
- Santos, B., & Ríos, D. (2006). *Calculo de Soluciones Nutritivas* (1.^a ed.). Servicio de Agricultura y Desarrollo Ruras. chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otro_622_soluciones_nutritivas.pdf

ANEXOS

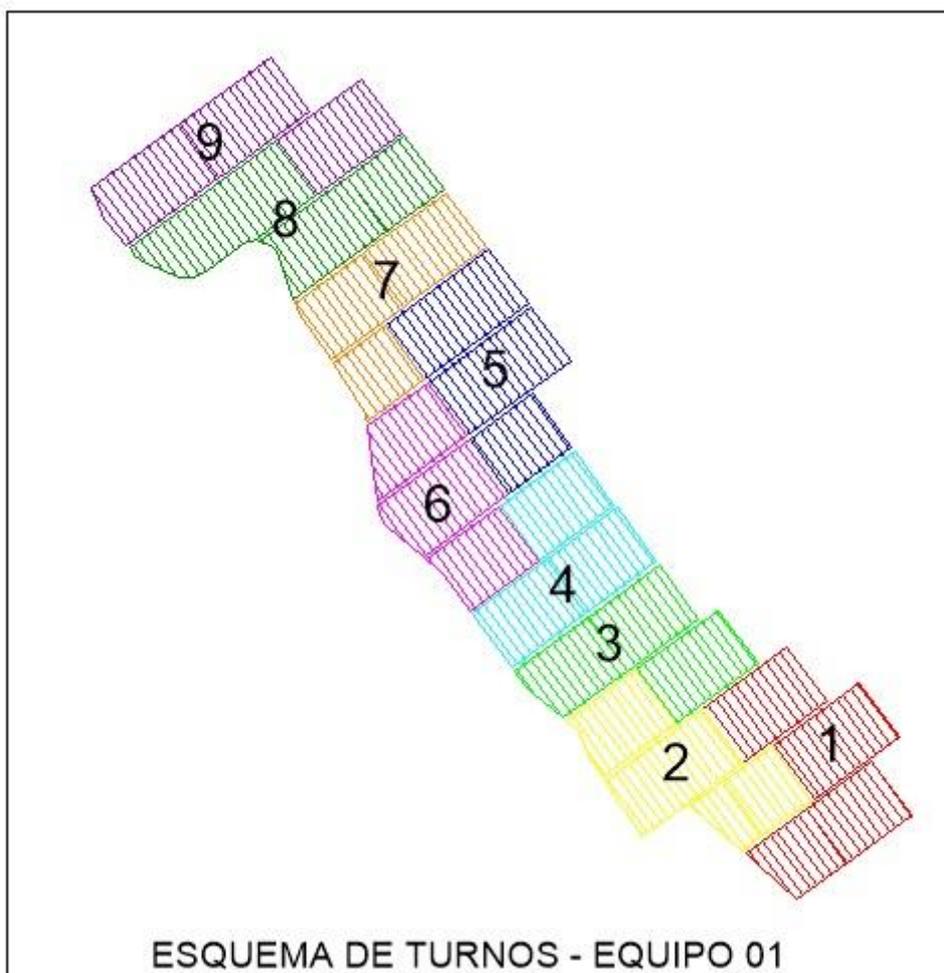
Anexo 1

Conversión de unidades

1 mm/hora	= 10 m ³ /hora/ha	
1 m ³ /hora/ha/ 3.6	= 0.278 litros/seg/ha	
1 m ³	= 1000 litros	
1 hora	= 60 min.	= 3600 segundos

Anexo 2

Esquema de turnados del fundo



Anexo 3*Informe de análisis de agua de canal de riego*

PARÁMETRO			RESULTADO	UNIDAD
Conductividad Eléctrica (CE)			0.569	dS/m
pH			8.08	
Cationes	Calcio	Ca ⁺⁺	2.26	mEq/l
	Magnesio	Mg ⁺⁺	0.72	mEq/l
	Potasio	K ⁺	0.1	mEq/l
	Sodio	Na ⁺	2.24	mEq/l
Aniones	Alcalinidad	HCO ₃	1.72	mEq/l
	Cloruros	Cl	0.50	mEq/l
	Nitratos	NO ₃	1.10	mEq/l
	Sulfatos	SO ₄	2.34	mEq/l
Metales	Hierro	Fe	< 0.05	mg/l
	Boro	Bo	0.24	mg/l
	Cobre	Cu	<0.05	mg/l
	Manganeso	Mn	<0.05	mg/l
	Zinc	Zn	<0.05	mg/l

Anexo 4*Análisis de suelo pasta saturada*

Parámetros	Resultado.	Unidad.
CE	2	dS/m a 20 °C
pH	7.42	
Fosfatos	< 1.2	mg/l
Bicarbonatos	42.0	mg/l CO ₃ H-
Sulfatos	955	mg/l
Nitratos	30.2	mg/l
Cloruros	49.4	mg/l
Amonio	< 5.	mg/l
Calcio	357	mg/l
Magnesio	26.7	mg/l

Potasio	22.7	mg/l
Sodio	105	mg/l
Boro	0.27	mg/l
Hierro	0.264	mg/l
Cobre	< 0.05	mg/l
Zinc	< 0.05	mg/l

Anexo 5

Peso equivalente de iones de uso común

ION	MASA ATÓMICA	CARGA VALENCIA	PESO EQUIVALENTE EN GRAMOS
Ca ⁺⁺	40.078	2	20.039
Mg ⁺⁺	24.305	2	12.153
K ⁺	39.098	1	39.098
NO ₃ ⁻	61.988	1	61.988
NH ₄ ⁺	18.038	1	18.038
H ₂ PO ₄ ⁻	96.987	1	96.987
SO ₄ ⁼	96.063	2	48.032