

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
ESCUELA DE POSGRADO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**



**UNS**  
E S C U E L A D E  
**POSGRADO**

---

**“ Sistema de riego tecnificado como propuesta técnica-económica para  
mitigar el impacto ambiental en el Fundo Santa Rosa de la UNS”**

---

**Tesis para optar el grado académico de  
Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental**

**Autora:**

**Bach. Mendieta Tantaraico, Natali Shadira  
Código ORCID: 0009-0007-4238-8903**

**Asesor:**

**Dr. Domínguez Castañeda, Jorge Marino  
DNI: 32975182  
Código ORCID: 0000-0003-0488-5726**

**Línea de investigación:  
“Calidad ambiental”**

**NUEVO CHIMBOTE – PERÚ  
2025**



## **CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE LA TESIS**

Yo, Domínguez Castañeda, Jorge Marino, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis de maestría titulada: " **Sistema de riego tecnificado como propuesta técnica-económica para mitigar el impacto ambiental en el Fundo Santa Rosa de la UNS**", elaborado por el bachiller Mendieta Tantaraico, Natali Shadira, para obtener el Grado Académico de Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 06 de octubre de 2025

---

**Dr. Domínguez Castañeda, Jorge Marino**

**DNI: 32975182**

**Código ORCID: 0000-0003-0488-5726**



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

## **HOJA DEL AVAL DEL JURADO EVALUADOR**

**“ Sistema de riego tecnificado como propuesta técnica-económica para mitigar el impacto ambiental en el Fundo Santa Rosa de la UNS”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

---

Dr. Cesar Moreno Rojo  
PRESIDENTE  
código ORCID: 0000-0002-7143-3350  
DNI N°: 32907242

---

Dr. Yosef Javier Avalos Ramírez  
SECRETARIO  
código ORCID: 0000-0002-0071-8413  
DNI N°: 18127282

---

Dr. Domínguez Castañeda, Jorge Marino  
VOCAL/ASESOR  
Código ORCID: 0000-0003-0488-5726  
DNI N°: 32975182



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

### ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

A los veintiséis días del mes de setiembre del año 2025, siendo las 11:30 horas, en el aula P-01 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designados mediante Resolución Directoral N° 744-2025-EPG-UNS de fecha 12.08.2025, conformado por los docentes: Dr. Cesar Moreno Rojo (Presidente), Dr. Yosef Javier Avalos Ramírez (Secretario) y Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda (Vocal); con la finalidad de evaluar la tesis titulada: **"SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO COMO PROPUESTA TÉCNICA-ECONÓMICA PARA MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL EN EL FUNDO SANTA ROSA DE LA UNS"**; presentado por la tesista Br. Natali Shadira Mendieta Tantaraico, egresada del programa de Maestría en Gestión Ambiental.

Sustentación autorizada mediante Resolución Directoral N° 810-2025-EPG-UNS de fecha 12 de setiembre de 2025.

El Presidente del jurado autorizó el inicio del acto académico; producido y concluido el acto de sustentación de tesis, los miembros del jurado procedieron a la evaluación respectiva, haciendo una serie de preguntas y recomendaciones al tesista, quien dio respuestas a las interrogantes y observaciones.

El jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como Aprobado, asignándole la calificación de Dieciocho (18).

Siendo las 12:30 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Dr. Cesar Moreno Rojo  
Presidente

Dr. Yosef Javier Avalos Ramírez  
Secretario

Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda  
Vocal/Asesor



# RECIBO DE TURNITIN

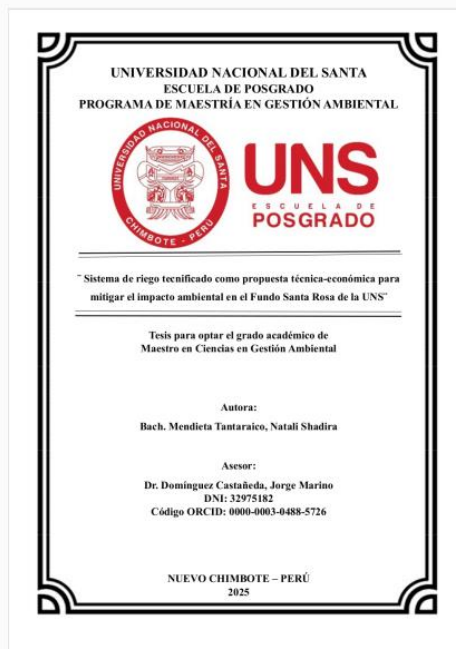


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Natali Shadira Mendieta Tantaraico  
Título del ejercicio: MAESTRIA 2025  
Título de la entrega: " Sistema de riego tecnificado como propuesta técnica-econó...  
Nombre del archivo: NATALI\_MENDIETA-PASAR\_POR\_TURNITING.docx  
Tamaño del archivo: 2.27M  
Total páginas: 87  
Total de palabras: 21,678  
Total de caracteres: 121,607  
Fecha de entrega: 10-sept-2025 10:49p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 2747647066



Derechos de autor 2025 Turnitin. Todos los derechos reservados.

## PORCENTAJE DE TURNITIN

“ Sistema de riego tecnificado como propuesta técnica-económica para mitigar el impacto ambiental en el Fundo Santa Rosa de la UNS ”

### INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

|    |                                                                                    |     |
|----|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1  | repositorio.uns.edu.pe<br>Fuente de Internet                                       | 1%  |
| 2  | hdl.handle.net<br>Fuente de Internet                                               | 1%  |
| 3  | repositorio.unp.edu.pe<br>Fuente de Internet                                       | 1%  |
| 4  | repositorio.unsaac.edu.pe<br>Fuente de Internet                                    | 1%  |
| 5  | repositorio.unprg.edu.pe<br>Fuente de Internet                                     | <1% |
| 6  | redivia.gva.es<br>Fuente de Internet                                               | <1% |
| 7  | repositorio.utn.edu.ec<br>Fuente de Internet                                       | <1% |
| 8  | ribuni.uni.edu.ni<br>Fuente de Internet                                            | <1% |
| 9  | repositorio.upla.edu.pe<br>Fuente de Internet                                      | <1% |
| 10 | Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru<br>Trabajo del estudiante    | <1% |
| 11 | Submitted to Universidad Católica de Santa María<br>Trabajo del estudiante         | <1% |
| 12 | dspace.ups.edu.ec<br>Fuente de Internet                                            | <1% |
| 13 | Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez<br>Trabajo del estudiante | <1% |

## DEDICATORIA

*Con inmensa gratitud y profundo amor, dedico este logro:*

*A Dios, por haberme regalado la vida, por ser mi guía constante y sostenerme con Su sabiduría, salud y fortaleza en cada paso del camino. Sin Su presencia, este momento no sería posible.*

*A mi madre, por ser mi ejemplo de lucha, entrega y amor incondicional. Y a mi querido Armando, mi compañero de vida, gracias por tu apoyo constante, por creer en mí aun cuando yo misma dudaba, por ser mi refugio en los días difíciles y mi impulso para seguir soñando. Ustedes son mi mayor bendición y mi inspiración diaria.*

*A mis hermanos: Ciro, Hugo, Mariela, Herica y Elvis, por su cariño y aliento constante. Y a mi hijo Alessio, mi motor, mi fuerza, mi razón más profunda. Todo lo que hago, lo hago con el deseo de ser un ejemplo para ti.*

*A mi padre, Gonzalo Mendieta Pastor, y a mi hermano Elmo, quienes partieron antes de tiempo, pero nunca se alejaron de mi corazón. Sé que desde el cielo me acompañaron en este camino, y hoy celebran conmigo este logro que soñamos juntos. Esta meta alcanzada también es suya.*

*Dedico esta etapa culminada a todos ustedes, que forman parte de mi historia, de mis motivaciones y de mis sueños cumplidos. Gracias por caminar conmigo.*

***Natali Shadira Mendieta Tantaraico***

## AGRADECIMIENTO

*Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a mi madre, a mi hijo Alessio y a mis hermanos, por sus enseñanzas, consejos y apoyo incondicional. Ellos han sido mi fuente de inspiración y fortaleza para continuar superándome y alcanzar mis metas profesionales.*

*Agradezco también a la Universidad Nacional del Santa por brindarme las facilidades necesarias para la realización de mi informe de tesis en el Fundo Santa Rosa, ubicado en Santa, Áncash.*

*Mi especial reconocimiento al Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda, por su compromiso, orientación constante y valioso asesoramiento en su calidad de asesor de tesis, lo cual fue fundamental para la elaboración del presente informe. Asimismo, agradezco al Ing. Héctor Cardoso Rojas, colega y amigo, por su colaboración y aporte técnico en el desarrollo de este trabajo.*

***Natali Shadira Mendieta Tantaraico***



## ÍNDICE

|                                                                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE LA TESIS .....                                                                                                                                       | i   |
| HOJA DEL AVAL DEL JURADO EVALUADOR.....                                                                                                                                             | ii  |
| RECIBO DE TURNITIN .....                                                                                                                                                            | iv  |
| PORCENTAJE DE TURNITIN .....                                                                                                                                                        | v   |
| DEDICATORIA.....                                                                                                                                                                    | vi  |
| AGRADECIMIENTO.....                                                                                                                                                                 | vii |
| ABSTRACT .....                                                                                                                                                                      | xii |
| I. INTRODUCCIÓN .....                                                                                                                                                               | 1   |
| 1.1. Descripción y formulación del problema .....                                                                                                                                   | 1   |
| 1.2. Objetivos.....                                                                                                                                                                 | 3   |
| 1.3. Formulación de la hipótesis.....                                                                                                                                               | 3   |
| 1.4. Justificación e importancia.....                                                                                                                                               | 3   |
| II. MARCO TEÓRICO .....                                                                                                                                                             | 5   |
| 2.1. Antecedentes.....                                                                                                                                                              | 5   |
| 2.2. Marco conceptual.....                                                                                                                                                          | 9   |
| 2.2.1. Sistema de riego.....                                                                                                                                                        | 9   |
| 2.2.4. Sistema de riego por aspersión .....                                                                                                                                         | 16  |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS .....                                                                                                                                                     | 29  |
| 3.1. Materiales .....                                                                                                                                                               | 29  |
| 3.2. Método.....                                                                                                                                                                    | 29  |
| 3.3. Diseño de la investigación.....                                                                                                                                                | 30  |
| 3.4. Población .....                                                                                                                                                                | 30  |
| 3.5. Muestra .....                                                                                                                                                                  | 30  |
| 3.6. Operacionalización de variables.....                                                                                                                                           | 31  |
| 3.7. Técnica e instrumento de recolección de datos.....                                                                                                                             | 32  |
| 3.8. Procedimiento de la investigación.....                                                                                                                                         | 33  |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                                                                                                                                                     | 47  |
| 4.1. Características físicoquímicas del suelo y agua del Fundo “Santa Rosa” de la UNS.....                                                                                          | 47  |
| 4.2. Diseño e instalación de los sistemas de riego por goteo y aspersión. ....                                                                                                      | 51  |
| 4.3. Costos de instalación, operación y mantenimiento del sistema de riego tecnificado en el Fundo “Santa Rosa” de la UNS. ....                                                     | 57  |
| 4.4. Identificación y descripción del impacto ambiental antes y después de la implementación del sistema de riego tecnificado seleccionado en el Fundo “Santa Rosa” de la UNS ..... | 67  |
| 4.4.1. Impacto ambiental antes de la implementación del sistema de riego tecnificado .....                                                                                          | 67  |
| 4.4.2. Impacto ambiental después de la implementación del sistema de riego tecnificado ...                                                                                          | 75  |
| 4.5. Establecer estrategias para mitigar los impactos ambientales en el Fundo “Santa Rosa” de la UNS a través de los sistemas de riego tecnificado.....                             | 80  |
| V. CONCLUSIONES .....                                                                                                                                                               | 85  |
| VI. RECOMENDACIONES .....                                                                                                                                                           | 85  |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                                                                                               | 86  |
| VIII. ANEXOS .....                                                                                                                                                                  | 90  |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Tipos de riego por gravedad.....                                                                                                                                 | 9  |
| Tabla 2: Parámetros de diseño del sistema de riego por gravedad.....                                                                                                      | 10 |
| Tabla 3: Costos del sistema de riego por gravedad.....                                                                                                                    | 11 |
| Tabla 4: Componentes del sistema de riego por goteo.....                                                                                                                  | 12 |
| Tabla 5: Parámetros técnicos de diseño .....                                                                                                                              | 13 |
| Tabla 6: Costos estimados del sistema de riego por goteo en Perú (1ha) .....                                                                                              | 14 |
| Tabla 7: Beneficios ambientales.....                                                                                                                                      | 15 |
| Tabla 8: Ventajas y desventajas para instalar el sistema de riego por goteo .....                                                                                         | 16 |
| Tabla 9: Componentes del sistema de riego por aspersión .....                                                                                                             | 17 |
| Tabla 10: Parámetros técnicos estandar del riego por aspersión.....                                                                                                       | 18 |
| Tabla 11: Costos estimados del sistema de riego por aspersión.....                                                                                                        | 19 |
| Tabla 12: Beneficios ambientales del riego por aspersión .....                                                                                                            | 20 |
| Tabla 13: Ventajas y desventajas del sistema de riego por aspersión .....                                                                                                 | 20 |
| Tabla 14: Ventajas y desventajas del sistema de la propuesta técnica-económica.....                                                                                       | 26 |
| Tabla 15: Operacionalización de variables .....                                                                                                                           | 31 |
| Tabla 16: Técnicas e instrumentos utilizadas para la recolección de datos del proyecto.....                                                                               | 32 |
| Tabla 17: Parámetros físico-químico a evaluarse al suelo de la unidad de estudio .....                                                                                    | 34 |
| Tabla 18: Parámetros físico-químico a evaluarse al agua de la unidad de estudio .....                                                                                     | 35 |
| Tabla 19: Valoración de impacto positivo y negativo de magnitud (M) e importancia (I) .....                                                                               | 37 |
| Tabla 20: Alternativas, tecnología, requerimiento técnicos y aplicabilidad.....                                                                                           | 45 |
| Tabla 21: Ventajas y desventajas de la viabilidad técnica-económica .....                                                                                                 | 45 |
| Tabla 22: Matriz de ponderación.....                                                                                                                                      | 46 |
| Tabla 23: Estudio del suelo agrícola del Fundo "Santa Rosa" de la UNS.....                                                                                                | 47 |
| Tabla 24: Estudio de agua de canal procedente del rio Santa para riego del Fundo "Santa Rosa" de la UNS .....                                                             | 49 |
| Tabla 25: Resumen del diseño agronomico e hidráulico del sistema de riego por goteo .....                                                                                 | 52 |
| Tabla 26: Resumen del diseño agronomico e hidráulico del sistema de riego por aspersión.....                                                                              | 55 |
| Tabla 27: Costo de instalación del sistema de riego por goteo en el Fundo "Santa Rosa" de la UNS .....                                                                    | 57 |
| Tabla 28: Costo de operación y mantenimiento anual del sistema de riego por goteo .....                                                                                   | 59 |
| Tabla 29: Costo de instalación del sistema de riego por aspersión .....                                                                                                   | 61 |
| Tabla 30: Costo de operación y mantenimiento del sistema de riego por aspersión.....                                                                                      | 63 |
| Tabla 31: Comparación de costos del sistema de riego por goteo y aspersión en el Fundo "Santa Rosa" de la UNS .....                                                       | 65 |
| Tabla 32: Matriz de Leopold -Valorización de los impactos ambientales del Fundo "Santa Rosa" de la UNS. ....                                                              | 68 |
| Tabla 33: Matriz de Leopold -Significancia de los impactos ambientales del Fundo "Santa Rosa" de la UNS .....                                                             | 70 |
| Tabla 34: Jerarquización de los impactos ambientales negativos y positivos antes de la instalación del sistema de riego tecnificado .....                                 | 72 |
| Tabla 35: Impacto ambiental antes de la implementación del riego tecnificado .....                                                                                        | 74 |
| Tabla 36: Matriz de Leopold -Significancia de los impactos ambientales del Fundo "Santa Rosa" de la UNS antes de la implementación del sistema de riego tecnificado ..... | 75 |

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 37: Jerarquización de los impactos ambientales negativos y positivos después de la instalación del sistema de riego tecnificado ..... | 77 |
| Tabla 38: Comparación antes y después de la ejecución del sistema de riego tecnificado .....                                                | 79 |
| Tabla 39: Matriz de estrategias para mitigar los impactos ambientales en el Fundo "Santa Rosa" de la UNS .....                              | 81 |
| Tabla 40: Comparación de los sistemas de riego en el Fundo "Santa Rosa" de la UNS .....                                                     | 83 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Ubicación satelital del Fundo "Santa Rosa" -Santa - Ancash .....                        | 30 |
| Figura 2: Diagrama de flujo del procedimiento de la investigación .....                           | 33 |
| Figura 3: Selección de la propuesta técnico-económico .....                                       | 46 |
| Figura 4: Vista general del sistema de riego por goteo del Fundo "Santa Rosa" de la UNS .....     | 53 |
| Figura 5: Vista general del sistema de riego por aspersión del Fundo "Santa Rosa" de la UNS ..... | 56 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anexo 1: Identificación de los sistemas de riego en el Fundo "Santa Rosa" de la UNS .....                        | 90  |
| Anexo 2: Plantas de plátano con características deficientes ocasionando por la salinidad del suelo ..            | 91  |
| Anexo 3: Identificación del suelo salino por diversas partes del Fundo "Santa Rosa" de la UNS ..                 | 92  |
| Anexo 4: Parcelas del Fundo "Santa Rosa" inundadas por falta de un sistema de riego .....                        | 93  |
| Anexo 5: Canales de riego rústico que conlleva el agua hasta el Fundo "Santa Rosa" de la UNS y alrededores ..... | 93  |
| Anexo 6: Simulación 3D del sistema de riego por goteo .....                                                      | 95  |
| Anexo 7: Simulación 3D del sistema de riego por aspersión .....                                                  | 99  |
| Anexo 8: Ensayo de agua de riego .....                                                                           | 102 |
| Anexo 9: Ensayo de suelo agrícola .....                                                                          | 105 |
| Anexo 10: Ámbito de la comisión de usuarios del sub sector hidráulico menor canal Santa .....                    | 109 |
| Anexo 11: Cálculos del sistema de riego por goteo .....                                                          | 110 |
| Anexo 12: Cálculos del sistema de riego por aspersión .....                                                      | 111 |
| Anexo 13: Detalle de piezas y conexiones de los sistemas de riego .....                                          | 113 |

## RESUMEN

El presente estudio evaluó la simulación de sistemas de riego tecnificado como propuesta técnico-económica para mitigar el impacto ambiental en el Fundo Santa Rosa de la Universidad Nacional del Santa. La investigación, de tipo no experimental, descriptiva y cualitativa, se aplicó sobre una muestra de 1 ha del fundo, ubicado en San Luis – Santa – Áncash. Se analizaron las condiciones físico-químicas del suelo y del agua, se identificaron los impactos ambientales mediante la matriz de Leopold y se compararon los sistemas de riego por goteo y aspersión en términos técnicos, económicos y ambientales. Los resultados mostraron que el sistema de riego por goteo presentó una mayor eficiencia hídrica (90–95 %) comparado al de aspersión (60–75 %), así como un menor costo de operación anual (S/. 4,850 a diferencia de S/. 12,700). Antes de la implementación, se registraron impactos negativos severos en calidad del aire (-260), fauna (-236) y agua (-97). Tras la simulación de la implementación del sistema de riego por goteo, estos impactos se reducirían en un 81 % en aire, 72 % en fauna y 79 % en agua. Asimismo, se estima que las estrategias de mitigación podrían minimizar los impactos negativos en un 40 % durante el primer año. Se concluye que el sistema de riego tecnificado por goteo representa la propuesta técnico-económica más viable para el Fundo Santa Rosa.

**Palabras clave:** impacto ambiental, eficiencia hídrica y estrategias de mitigación ambiental.

## ABSTRACT

This study evaluated the simulation of pressurized irrigation systems as a technical-economic proposal to mitigate environmental impact at the Santa Rosa Farm of the Universidad Nacional del Santa. The research, which was non-experimental, descriptive, and qualitative in nature, was applied to a 1-hectare sample of the farm located in San Luis – Santa – Áncash. The physico-chemical conditions of the soil and water were analyzed, environmental impacts were identified using the Leopold matrix, and drip and sprinkler irrigation systems were compared in technical, economic, and environmental terms. The results showed that the drip irrigation system presented higher water use efficiency (90–95%) compared to the sprinkler system (60–75%), as well as a lower annual operating cost (S/. 4,850 as opposed to S/. 12,700). Prior to implementation, severe negative impacts were recorded in air quality (-260), fauna (-236), and water (-97). After simulating the implementation of the drip irrigation system, these impacts would be reduced by 81% in air, 72% in fauna, and 79% in water. Additionally, mitigation strategies are estimated to reduce negative impacts by 40% during the first year. It is concluded that the drip irrigation system represents the most viable technical-economic proposal for the Santa Rosa Farm.

**Keywords:** environmental impact, water use efficiency, environmental mitigation strategies.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Descripción y formulación del problema**

El 05 de agosto de 1995 se firmó el acta de entrega del fundo Santa Rosa, ubicado en el sector San Luis y otros a la altura del Km 442 de la panamericana norte; para el uso oficial de la Universidad Nacional del Santa; en la que se transfirió a la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agrónoma, para dar uso como estación experimental y conservarla.

Desde el año 2019 el fundo Santa Rosa cuenta con los canales de riego principal (110m lineales), secundario (220m), internos (150m) y dren (170m) tienen falta de mantenimiento (limpieza); la cual es competencia de la junta de usuarios de santa y/o municipios distritales y/o el mismo usuario.

El dren desagüe, se encuentra colmatado de fango y malezas de tipo hoja de elefante, plantas semileñosas, solanáceas, hinea, que cubren el dren con 2m de alto, también tiene residuos sólidos de plásticos, basura, etc.; que afectan el normal circulamiento de agua, que se detienen por las malezas, por consecuencia provocan la salinización de los terrenos colindantes.

El agua de riego para el fundo Santa Rosa es abastecido por el canal San Luis Estefanía, para las parcelas agrícolas de un canal de tierra que se encuentra en el canal de santa, el cual se llena de malezas y en muchos tramos tiene basura que la misma población elimina, el cual ocasiona pérdida a los agricultores del sector. Los cultivos más importantes del sector son: algodón (6.45ha), maíz (107.97ha), camote (12.27ha), ají (2.65ha), pallar (3.30ha), caña (7.28ha), arroz (106.00ha), alcachofa (9.77ha).

La población más afectada es de los terrenos aledaños, cercanos al perímetro del Fundo, tiene un dren de una longitud 40m lineales, en la que sufren de filtración, acumulación de aguas, salinidad a sus cultivos y a su principal ingreso la fabricación de materia orgánica.

La demanda de agua para riego es por inundación, donde se dispone 120.71ha para la agricultura de sus principales cultivos; también la falta de un medidor ocasiona que haya durante todo el día sin algún control, por lo tanto la situación del tramo de riego dispone de 141.99ha para terrenos aptos para sus cultivos, el volumen mensual (m<sup>3</sup>) agosto (339 745.83), setiembre (259 805.63) octubre (239 820.58) y noviembre (259 805.64), el caudal disponible (lt/seg), agosto (10.77), setiembre (8.24), octubre (7.60) y noviembre



(8.24). Los probables impactos ambientales negativos que están involucrados nacen por el recurrente uso excesivo, en la que ocasionan hundimiento de la tierra, disminuye la calidad del agua y permite el ingreso de agua salada (en las áreas costaneras); se verá afectada la calidad que ingresa al área de riego en el fundo San Rosa, su contenido de sedimento relacionada con la erosión a causa de la agricultura y su composición fisicoquímica debido a los contaminantes de residuos agrícolas.

Para evaluar la eficiencia de riego se usa el coeficiente de uniformidad (CU), para determinar el gasto de los goteros y presiones en el sector para corregir las fallas que se pueden ir presentando, que ira indicando los porcentajes de variación en el volumen de agua, de la superficie del suelo de tal manera se va a prevenir las mermas en el desarrollo de los distintos cultivos en el fundo Santa Rosa.

Existe diferentes alternativas tecnológicas que podrían mitigar la problemática social y ambiental provocada por el tipo de riego y escaso drenaje, en el Fundo Santa Rosa, como el sistema de riego por surcos, por aspersión y goteo, por lluvia, entre otros, los cuales permitirían a que a los agricultores vecinos circundantes al terreno, los docentes y estudiantes de la Universidad Nacional de Santa, no se vean afectados, tener un mayor control del riego y mejora del manejo de los cultivos y calidad de los mismo, sin embargo, se hace necesario, investigar para determinar la mejor propuesta técnica, el cual comprenda la identificación del sistema, diagnóstico, evaluación del terreno, sistema de riego y drenaje actual, impactos en los cultivos, agricultores y población aledaña y con ello, establecer objetivos y acciones estratégicas.

### **Formulación del problema de investigación**

¿Existe una propuesta técnica-económica basada en un sistema de riego tecnificado que pueda mitigar el impacto ambiental en el Fundo "Santa Rosa" de la UNS?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar la simulación del sistema de riego tecnificado como propuesta técnica-económica para mitigar el impacto, ambiental y económico en el Fundo "Santa Rosa" de la UNS.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar las características fisicoquímicas del suelo y agua del Fundo "Santa Rosa" de la UNS.
- Establecer los parámetros de diseño e instalaciones para la puesta en funcionamiento de los sistemas de riego por goteo y aspersión.
- Determinar los costos de instalación, operación y mantenimiento del sistema de riego tecnificado en el Fundo "Santa Rosa" de la UNS.
- Identificar y describir el impacto ambiental antes y después de la simulación de implementación del sistema de riego tecnificado seleccionado en el Fundo "Santa Rosa" de la UNS.
- Establecer estrategias para mitigar los impactos ambientales en el Fundo "Santa Rosa" de la UNS a través de los sistemas de riego tecnificado.

## **1.3. Formulación de la hipótesis**

- H0: El sistema de riego por goteo como propuesta técnica-económica mitiga el impacto ambiental en el Fundo "Santa Rosa" de la UNS.
- H1: El sistema de riego por aspersión como propuesta técnica-económica mitiga el impacto ambiental en el Fundo "Santa Rosa" de la UNS.

## **1.4. Justificación e importancia**

El presente proyecto de investigación será importante porque permitirá conocer e identificar problemas de impacto ambiental negativos, posibles riesgos y consecuencias a largo plazo asociados con el sistema de riego y drenaje actual en el fundo Santa Rosa; la relevancia para la sociedad es que la investigación podría mostrar el compromiso de la UNS con la gestión ambiental responsable y sostenible, lo cual es esencial en la actualidad, fortaleciendo su imagen como institución comprometida con el bienestar de la comunidad y el medio ambiente.

Los agricultores, docentes, estudiantes de ingeniera agrónoma, investigadores interesados en la sostenibilidad agrícola y la gestión ambiental responsable, se beneficiarán de esta investigación ya que la propuesta económica analizaría los costos asociados con la

implementación de un sistema de riego por goteo y aspersión, se compararía estos costos con los beneficios a largo plazo, tanto en términos ambientales como económicos. Por lo tanto, mejorará las prácticas agrícolas optimizando el uso de recursos y reduciendo posibles impactos ambientales negativos, tal caso se desea prevenir la contaminación del agua, reducir la erosión del suelo, salinidad y conservar la biodiversidad, lo que contribuye a un entorno más saludable.

Se propondrá soluciones técnicas y económicas para mitigar los impactos identificados (cambios en la infraestructura, tecnologías más sostenibles y/o prácticas agronómicas más amigables con el medio ambiente). También se trata de optimizar el uso de recurso como agua, suelo y energía en el sistema de riego tecnificado considerando la mitigación de impactos ambientales negativo para que dicho sistema sea más resistente a los cambios climáticos, reduciendo la vulnerabilidad del fundo Santa Rosa de la UNS; asegurando que la actividad agrícola sea más productiva y rentable. Finalmente, se obtendrá mejores resultados en investigaciones y se disminuirá las plagas y enfermedades de cultivos y animales con un buen sistema de riego y drenaje.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Monzón (2024), en su estudio *“Impacto ambiental de la creación del servicio de riego tecnificado de la comunidad de Iparo del Distrito de Sandia – Puno”*, llevó a cabo una investigación descriptiva y de diseño no experimental para evaluar los impactos ambientales del proyecto. Se utilizó la matriz CONESA para cuantificar los impactos en medios físico (aire, agua, suelo), biológico (flora, fauna, ecosistemas) y socioeconómico. Los resultados mostraron impactos negativos más relevantes en los componentes físico y biológico, mientras que en el ámbito socioeconómico se observaron impactos positivos moderados.

Contreras (2023), en su investigación *“Evaluación técnica económica de un proyecto a nivel prefactibilidad de siembra de cultivos orgánicos con riego tecnificado en Arequipa”*, se centró en analizar detalladamente los aspectos técnicos (requerimientos hídricos, caudal de pozo, tipo de riego localizado) y económicos (inversiones, ingresos, costos operativos) de un proyecto de riego tecnificado para cultivos orgánicos. Se estimaron indicadores de rentabilidad, como el Valor Actual Neto (VAN) y el análisis de sensibilidad y riesgos, concluyendo con una evaluación favorable de la viabilidad del proyecto en términos técnico-económicos.

Rebaza (2022), en su estudio *“Análisis del impacto ambiental del sistema de drenaje pluvial en la urbanización de Campo Real de la ciudad de Cajamarca en el año 2021”*, donde adaptó la Matriz de Leopold como propuesta metodológica para analizar los impactos ambientales del sistema de drenaje que genera en los componentes y factores ambientales, por lo tanto; concluyó que la causa de este problema es el diseño hidráulico basado en métodos tradicionales, donde la infraestructura planificada desvía el agua de lluvia a otros espacios aguas abajo sin tratamiento ni control, e ignora la infiltración del agua, la reutilización de los avances tecnológicos y alternativas al bienestar social.

Torres (2022), en su investigación *“Análisis técnico-económico de la implementación de riego tecnificado por goteo en cultivos de palto en Ica”*, realizó un estudio de campo en un fundo de 2 hectáreas, evaluando el rendimiento del cultivo, el uso del agua y los costos de inversión y mantenimiento del sistema. Utilizó indicadores de rentabilidad como VAN y TIR, concluyendo que el riego por goteo aumentó la productividad en un 35% y permitió

mitigar los efectos de la escasez hídrica, generando mayores ingresos para los agricultores locales.

Caiza (2021), en su proyecto de investigación *“Impacto del cambio climático en la agricultura en los sistemas de producción agroecológico, orgánico y convencional en los cantones Cayambe y Pedro Moncayo”* su trabajo fue enmarcar los sistemas de producción mediante múltiples criterios; dimensiones económicas, social, ambiental, institucional, productiva y criterios de evaluación (Convencional, agroecológica, orgánico), donde utilizó una matriz de impacto FODA, donde determinó 35 criterios de evaluación destruidos en 5 dimensiones de análisis; por lo tanto determinó que el sistema agroecológico es más apto para las condiciones de la zona, generan menos emisores de gases de efecto invernadero y es menos vulnerable a los eventos extremos, seguido del sistema orgánico y por último el convencional.

Pachano (2021), en su estudio *“Análisis del Impacto Socioeconómico y Ambiental de los Sistemas de Riego y Drenaje en la Cuenca del Río Catalarama, Estado Ventana Ecuador”* por lo que el proyecto fue descriptivo y mediante las encuesta a los 64 agricultores se puso recopilar los datos social (pobreza, organización, asistencia técnica, tenencia de la tierra y voluntad publica), económico (baja productividad, baja rentabilidad, acceso a crédito, falta de incentivo) y ambiental (inundaciones y contaminación); llegó a la conclusión que los agricultores se beneficiaron de mayores rendimientos productivos, menores costos de producción y mayores ingresos anuales.

Ramírez (2021), en su trabajo de investigación titulado *“Simulación de un sistema de riego por goteo para la optimización del recurso hídrico en el Valle de Tambo – Arequipa”*, utilizó herramientas como AutoCAD Civil 3D y EPANET para modelar un sistema de riego presurizado. Evaluó la eficiencia del sistema mediante simulación hidráulica y análisis de costos de operación. Concluyó que el sistema propuesto permitía un ahorro significativo de agua (hasta 50%) y una reducción del costo de producción por hectárea, demostrando ser una alternativa sostenible para zonas agrícolas con estrés hídrico.

Rojas (2021), en su proyecto de investigación *"La calidad del agua de riego y su impacto en el cultivo de espárragos en la cuenca baja del río Huarmey, provincia de Huarmey, región de Ancash en 2018"*, su método fue no experimental (con encuestas y matriz de Leopold) donde obtuvo datos de las características físicoquímicos y microbiológicos de la cuenca del río Huarmey; por lo tanto concluyo que la calidad físicoquímica (categoría 3-riego de vegetales y bebidas de animales, el manganeso sobrepasa el ECA 50%) y la calidad microbiana (categoría 3-riego de vegetales y bebidas de animales ),cumple con los estándares de calidad ambiental; con la evaluación de la matriz de Leopold el impacto ambiental de los componentes del agua se obtuvo impacto positivo, ya que predomina la generación del empleo y la mejora de la calidad de vida de quienes participan.

Arivilca (2020), en su trabajo de investigación *"Conflictos sociales y ambientales en torno al proyecto especial majes Sigvas I: el caso de la salinización y deslizamientos en el valle de Sigvas, región de San Juan de Sigvas"* ; su estudio fue cuantitativo para el componente ambiental y cualitativo para el componente social, para la salinización se realizó un análisis químico (agua y suelo del valle), a través de encuestas a los agricultores de la zona se pudo recopilar la información necesaria, por tal motivo la salinidad y los deslizamientos de tierra fueron causados por la infiltración de agua desde las irrigaciones de las pampas de Majes hacia el valle de San Juan de Sigvas.

Sánchez (2020), en su trabajo de investigación *"Proyecto de rehabilitación del canal de riego de la ciudad de Iringa, Tanzania"*, realizó estudios de campo topográficos del terreno, información cartográfica (QGIS), características geológicas (geología, geomorfología, yacimientos, hidrogeología, tectónicas de placas y volcanes); después de hacer todos los estudios requeridos concluyó que redujo la pobreza generando ingresos a través de los cultivos y se pretende ampliar el canal para cuando llegue la época de lluvias y puedan aprovechar en juntar esas aguas y la población no se quede desabastecido.

Paredes (2019), en su investigación titulada *"Evaluación del sistema de riego tecnificado por aspersión en la comunidad de Huacuyo, Puno"*, analizó las condiciones agroclimáticas del sector, la disponibilidad hídrica y la eficiencia del riego tecnificado. Realizó un diagnóstico participativo con los agricultores locales, así como mediciones de caudal y eficiencia de aplicación. Concluyó que el sistema por aspersión permitió optimizar el uso del recurso hídrico, reduciendo las pérdidas por evaporación y

escorrentía, además de mejorar el rendimiento de los cultivos y reducir la presión sobre las fuentes de agua natural.

Serrano (2019), en su estudio *“Diseño de estructuras de gobernanza comunitaria para sistemas de riego sostenibles”*; describir el fenómeno de estudio e identificar los factores influyentes de datos (primarios y secundarios), con vía metodológica etnografía del sistema de riego “Santa Ana y “Y del Guineo” (el agua superficial y de pozo profundo), se realizó encuesta a los agricultores que conforman dichos lugares, identificación de la estructura del sistema de riego donde se busca un equilibrio para satisfacer las necesidades de la agricultura, que crea nuevas cadenas productivas, mejora los ingresos económicos de los agricultores, limpia el medio ambiente y el sistema de riego "Santa Ana y Y del Guineo" capta aguas subterráneas y superficiales para fines agrícolas, con un caudal del 100% .

Hernández (2018), en su proyecto de investigación *“ Percepciones sobre cambio climático en relación a las medidas de mitigación y adaptación sobre la disponibilidad y conservación del agua”*, en la que caracterizo la microcuenca del rio Escudillas (datos, documentos y actas de asamblea) para recolectar la importancia del uso y manejo del recurso agua para la agricultura, aplicó encuestas a 224 usuarios de la Junta de agua Monte Olivo-San Rafael para la información de impacto del cambio climático y para saber la forma de vida de los habitantes y el estado de conservación aplicó una matriz FODA; por lo tanto en la caracterización indica que el agua es administrada por la junta de agua de riego Monte Olivo San Rafael que cubre un área de 1000hectareas y beneficia a 224 consumidores, la percepción de dicha junta de usuarios es que el agua es invaluable, por otro lado el resultado de las encuestas es que el 80% utiliza el agua de forma adecuada para reforestar las áreas verdes, 45% de la población indica que el canal se encuentra en buen estado y el 36,6% señala que posee problemas y para solucionar las percepciones de los usuarios es organizar capacitaciones

## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1. Sistema de riego

El sistema de riego es un componente esencial en la agricultura moderna que permite el suministro controlado de agua a los cultivos, optimizando su crecimiento y producción: que existen diversos métodos de riego, cada uno con sus ventajas y limitaciones, que pueden adaptarse a diferentes tipos de suelos, cultivos y condiciones climáticas (Hernández, 2021).

El sistema de riego en la agricultura representa un componente esencial para garantizar un suministro controlado y eficiente de agua a los cultivos, impactando directamente en su crecimiento, desarrollo y producción es importante el riego que radica en su capacidad para suplementar las precipitaciones naturales y proporcionar a los cultivos la cantidad adecuada de agua en momentos críticos (Martínez, 2020).

### 2.2.2. Sistema de riego por gravedad

El riego por gravedad es una técnica tradicional ampliamente utilizada en la agricultura, que consiste en aplicar agua al terreno aprovechando la energía potencial generada por la diferencia de altura. Es especialmente común en regiones donde el agua puede ser transportada desde fuentes elevadas sin necesidad de bombeo González & Salinas (2022).

#### 2.2.2.1. Tipos de Riego por Gravedad

El riego por gravedad es uno de los métodos más antiguos y ampliamente utilizados en la agricultura. Se basa en el aprovechamiento de la pendiente del terreno para distribuir el agua sin necesidad de bombeo. Según López Real (2021), los principales tipos de riego por gravedad son:

**Tabla 1**

*Tipos de riego por gravedad*

| Tipo              | Descripción                                                         | Aplicación común                    |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Riego por surcos  | El agua fluye por canales pequeños entre los cultivos.              | Cultivos en hileras (maíz, algodón) |
| Riego por melgas  | El terreno se divide en cuadros nivelados.                          | Pastos, arroz, hortalizas           |
| Riego por bordo   | Se encierra el área con pequeños bordes para contener el agua.      | Praderas, arrozales                 |
| Riego por cañones | Utilizado en pendientes, se canaliza el agua por laderas naturales. | Cultivos de ladera                  |

Nota. La tabla muestra los tipos, descripción y aplicación común en los diversos cultivos agrícolas; González & Salinas (2022).



### 2.2.2.2. *Diseño Técnico del Sistema*

El diseño técnico del sistema de riego por gravedad implica planificar y dimensionar adecuadamente la infraestructura hidráulica para asegurar un reparto eficiente del agua. Según Qquenaya y Mamani (2025), este diseño debe considerar:

#### **Elementos básicos:**

- Canales principales y secundarios: Para transportar el agua desde la fuente hasta los campos.
- Estructuras de control: Compuertas, vertederos, tomas laterales.
- Nivelación del terreno: Clave para eficiencia hidráulica.
- Pendiente óptima: 0.1% a 0.5% para evitar erosión y lograr distribución homogénea (Paredes et al., 2021).

#### **Parámetros de diseño:**

Parámetros de diseño son variables técnicas fundamentales que definen las condiciones y características bajo las cuales un sistema, estructura o proceso debe ser concebido y operado; en la Tabla 2 resume los parámetros clave para el diseño del sistema de riego por gravedad, incluyendo rangos recomendados de pendiente, caudal, longitud del surco, tiempo de riego y eficiencia de aplicación, con el fin de optimizar el uso del recurso hídrico y garantizar la eficiencia del sistema.

**Tabla 2**

*Parámetros de diseño del sistema de riego por gravedad*

| Parámetro                | Rango recomendado | Unidad |
|--------------------------|-------------------|--------|
| Pendiente del canal      | 0.1 – 0.5         | %      |
| Caudal de entrada        | 1 – 4             | l/s    |
| Longitud del surco       | 50 – 300          | m      |
| Tiempo de riego          | 1 – 3             | horas  |
| Eficiencia de aplicación | 40% – 70%         | %      |

**Nota.** Esta tabla está orientada a los parámetros del sistema de riego por gravedad según Çetin, M., Yıldız, S. & Beyhan, S. (2021).

### 2.2.2.3. Costos del Sistema de Riego por Gravedad (Estimación 2025 - Perú)

El costo de implementación de un sistema de riego por gravedad en Perú varía según el nivel de tecnificación, la topografía y los materiales empleados. En consideración Palomino Cárdenas (2024); de acuerdo a la Tabla 3 detalla los costos principales del sistema de riego por gravedad, incluyendo obras como nivelación del terreno, canales, compuertas, mano de obra y supervisión técnica, con una inversión estimada total de S/. 8,900, útil para la planificación financiera del proyecto.

**Tabla 3**

*Costos del sistema de riego por gravedad*

| Componente                        | Unidad   | Costo Unitario (S/.) | Total, Aproximado (S/.) |
|-----------------------------------|----------|----------------------|-------------------------|
| Nivelación de terreno             | ha       | 1,500                | 1,500                   |
| Construcción de canales de tierra | m        | 15                   | 3,000 (200 m)           |
| Compuertas metálicas simples      | unidad   | 400                  | 1,200 (3 unidades)      |
| Mano de obra calificada           | jornada  | 120                  | 1,200 (10 jornadas)     |
| Supervisión técnica               | proyecto | 2,000                | 2,000                   |
| <b>Total, estimado</b>            |          |                      | <b>S/.8,900</b>         |

**Nota:** Costos pueden variar según ubicación, tipo de suelo y fuente de agua. Basado en datos regionales de Junín y La Libertad (2022).

### 2.2.2.4. Ventajas y Desventajas Ambientales

El riego por gravedad es un método ampliamente utilizado por su bajo costo y facilidad de implementación, especialmente en zonas rurales. Según Romero Dulanto (2022), este sistema presenta las siguientes:

- **Ventajas**

- Bajo consumo energético.

- Recarga natural de acuíferos.

- Adaptable a zonas rurales sin acceso a electricidad.

- **Desventajas**

- Baja eficiencia en comparación con riego presurizado.

- Posibles pérdidas por percolación o escurrimiento.

### 2.2.3. Sistema de riego por goteo

El sistema de riego por goteo es una técnica avanzada y altamente eficiente que proporciona agua de manera precisa y controlada directamente a la zona radicular de las plantas (González, 2019).

El riego por goteo es un sistema de microirrigación que suministra agua directamente a la zona radicular de las plantas en pequeñas dosis, a través de emisores colocados estratégicamente. Su objetivo es maximizar la eficiencia del agua, reducir el consumo energético y mejorar la productividad agrícola, especialmente en zonas con escasez hídrica (Zambrano & Quintero, 2021)

#### 2.2.3.1. Componentes del sistema de riego por goteo

Los componentes del sistema de riego por goteo son los siguientes (Tarjuelo ,2020); de acuerdo a la Tabla 4 describe los componentes esenciales del sistema de riego por goteo y su función, incluyendo fuente de agua, filtros, tuberías, cintas de goteo, válvulas y sistema de fertirriego, que garantizan una distribución eficiente del agua y nutrientes

**Tabla 4**

*Componentes del sistema de riego por goteo*

| Componente             | Descripción Funcional                                                                              |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fuente de agua         | Puede ser un pozo, reservorio, sistema de captación pluvial o canal.                               |
| Filtro                 | Filtro de malla o disco para evitar obstrucción de goteros por partículas sólidas.                 |
| Tubería principal      | Tubo de PEAD o PVC que transporta el agua desde la fuente al sistema de distribución.              |
| Cinta de goteo         | Tubo delgado con goteros integrados a intervalos regulares que libera agua en pequeñas cantidades. |
| Válvulas y control     | Dispositivos que permiten controlar caudal, presión y cierre de sectores.                          |
| Sistema de fertirriego | Permite la inyección de fertilizantes solubles en el sistema de riego.                             |

**Nota:** Esta tabla resume los componentes estructurales que permiten la operación eficiente del riego por goteo en unidades de producción agrícola.

### 2.2.3.2. *Parámetros técnicos de diseño*

El diseño de un sistema de riego por gravedad requiere establecer parámetros hidráulicos que aseguren una distribución eficiente del agua. Según Qquenaya y Mamani (2025); por lo tanto, la Tabla 5 presenta los parámetros técnicos clave para el diseño del sistema de riego por goteo, con rangos recomendados que consideran aspectos como caudal por gotero, espaciamiento, presión de operación, uniformidad y eficiencia de aplicación, así como la profundidad de riego. Estos valores aseguran un riego preciso y eficiente, adaptado a las características del cultivo y el suelo, y optimizan el uso del agua.

**Tabla 5**

*Parámetros técnicos de diseño*

| Parámetro técnico              | Rango recomendado | Unidad      | Observación técnica                                |
|--------------------------------|-------------------|-------------|----------------------------------------------------|
| Caudal de cada gotero          | 1.0 – 4.0         | litros/hora | Dependerá del tipo de cultivo y textura del suelo  |
| Espaciamiento entre goteros    | 20 – 40           | centímetros | Cultivos hortícolas requieren menor espaciamiento  |
| Presión de operación           | 0.8 – 1.5         | bar         | Presión necesaria para un flujo uniforme           |
| Uniformidad de aplicación (CU) | > 85              | %           | Ideal para sistemas tecnificados y bien mantenidos |
| Eficiencia de aplicación       | 85 – 95           | %           | Muy superior al riego por gravedad (40–70%)        |
| Profundidad de riego           | 15 – 30           | centímetros | Depende del desarrollo radicular del cultivo       |

**Nota:** Esta tabla orienta los parámetros de diseño que deben ser considerados en la planificación hidráulica de un sistema de riego por goteo. Zambrano, M., & Quintero, H. (2021)

### 2.2.3.3. Costos estimados del sistema de riego por goteo en Perú (1ha)

El sistema de riego por goteo es una alternativa tecnificada que permite aplicar el agua directamente a la raíz del cultivo, mejorando la eficiencia hídrica y reduciendo pérdidas. Según Romero Dulanto (2022), en el contexto peruano, la inversión estimada para instalar un sistema de riego por goteo en una hectárea; la Tabla de costos estimados para el sistema de riego por goteo en una hectárea en Perú detalla una inversión total aproximada de S/. 6,100, que incluye cintas de goteo, filtros, tuberías, válvulas, equipo de fertirriego, mano de obra e inspección técnica, proporcionando una base clara para la planificación financiera del proyecto.

**Tabla 6**

*Costos estimados del sistema de riego por goteo en Perú (1ha)*

| Componente                      | Unidad          | Costo Unitario (S/.) | Cantidad | Subtotal (S/.) |
|---------------------------------|-----------------|----------------------|----------|----------------|
| Cinta de goteo (1000 m x 4)     | rollo (1000 m)  | 300                  | 4        | 1,200          |
| Filtro de malla 1.5"            | unidad          | 500                  | 1        | 500            |
| Tubería PEAD 2"                 | metro           | 10                   | 100      | 1,000          |
| Válvulas y accesorios           | lote            | 400                  | 1        | 400            |
| Inyector Venturi (fertirriego)  | unidad          | 800                  | 1        | 800            |
| Mano de obra (instalación)      | jornada técnica | 150                  | 8        | 1,200          |
| Supervisión técnica profesional | proyecto        | 1,000                | 1        | 1,000          |
| Total, estimado por hectárea    |                 |                      |          | 6,100 S/.      |

**Nota:** Los costos están referenciados a zonas agrícolas de costa y sierra baja del Perú en condiciones de monocultivo tecnificado (ej. palto, vid, arándano). Pueden variar según el tipo de cultivo, topografía, calidad del agua y fuente de energía. Salazar, D., & Méndez, L. (2023).

#### 2.2.3.4. *Beneficios ambientales*

El riego por goteo ofrece múltiples beneficios ambientales al mejorar la eficiencia del uso del agua y reducir impactos negativos en el suelo y los ecosistemas. Según Romero Dulanto (2022); la tabla 7 resume los beneficios ambientales del sistema de riego, destacando un ahorro de agua del 40–60%, reducción en lixiviación de nitratos, menor proliferación de malezas, disminución de escorrentía y una mejora en la eficiencia energética mediante sistemas de baja presión, favoreciendo la sostenibilidad agrícola.

**Tabla 7**

#### *Beneficios ambientales*

| <b>Beneficio Ambiental</b>      | <b>Impacto Positivo</b>                                                       |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Reducción en el uso del agua    | Ahorro del 40–60% frente a métodos convencionales                             |
| Menor lixiviación de nitratos   | Fertilizantes aplicados de forma precisa con fertirriego                      |
| Menor proliferación de malezas  | El agua se aplica directamente a la raíz, manteniendo seco el entorno         |
| Reducción de escorrentía        | No hay movimiento superficial de agua, evitando erosión                       |
| Mejora en eficiencia energética | Sistemas de baja presión, incluso posibles con energía solar en zonas rurales |

**Nota:** Este sistema promueve una agricultura sustentable al minimizar el impacto ambiental del uso de recursos hídricos y fertilizantes (2021).

#### 2.2.3.5. *Recomendaciones de operación y mantenimiento*

- Filtro: Limpiar cada semana o según calidad del agua.
- Goteros: Revisar uniformidad de caudal cada 15 días.
- Presión: Instalar manómetros para control permanente.
- Fertirriego: Aplicar fertilizantes solubles en dosis fraccionadas para evitar bloqueo químico o biológico.
- Capacitación: Formar al personal técnico y operadores en mantenimiento preventivo.

#### 2.2.3.6. *Ventajas y desventajas*

La Tabla 8 presenta las principales ventajas del riego por goteo, como la eficiencia y ahorro de agua, reducción de mano de obra y control preciso, frente a desventajas como el costo inicial, obstrucción de emisores, necesidad de filtración y presión, y su sensibilidad a daños.

**Tabla 8**

*Ventajas y desventajas para instalar el sistema de riego por goteo*

| VENTAJAS                                                                                                                                                                                                                                  | DESVENTAJAS                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Eficiencia en el uso del agua.</li><li>• Ahorro de agua.</li><li>• Ahorro de tiempo y mano de obra.</li><li>• Control preciso del riego.</li><li>• Reducción de malezas y enfermedades.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Costo inicial.</li><li>• Obstrucción de emisores.</li><li>• Requerimiento de filtración y presión.</li><li>• Sensibilidad a daños.</li></ul> |

**Nota.** La tabla muestra las ventajas y desventajas del sistema de riego por goteo (Valverde ,2022).

#### **2.2.4. Sistema de riego por aspersión**

Un sistema de aspersores es un método de riego que distribuye agua en forma de finas gotas sobre la superficie del suelo mediante dispositivos llamados aspersores; estos aspersores pueden ser fijos, rotativos o de impacto y están diseñados para distribuir el agua de manera uniforme sobre la zona regada; el proceso de riego por aspersión implica bombear agua desde una fuente (como un pozo, río o sistema de almacenamiento) hasta los cabezales de los aspersores a través de un sistema de tuberías principales y secundarias; cuando el agua llega a los aspersores, estos se rocían sobre el suelo en pequeñas gotas que cubren una zona determinada; el riego por aspersión se utiliza en agricultura, horticultura y paisajismo, así como en campos deportivos y zonas recreativas; proporciona una cobertura uniforme de agua para ayudar a mantener un crecimiento saludable de las plantas y controlar la temperatura del suelo; brinda la flexibilidad de ajustar la cantidad y frecuencia de riego para adaptarse a diferentes tipos de suelo y necesidades de crecimiento ;sin embargo, su eficiencia hídrica puede variar dependiendo de factores como la presión del agua, el diseño y disposición de los rociadores y las condiciones climáticas locales (Fernández ,2020).

#### 2.2.4.1. Componentes del sistema de riego por aspersión

Los componentes del sistema de riego por aspersión son los siguientes (Peralta ,2019); en donde la Tabla 9 describe los componentes esenciales del sistema de riego por aspersión, incluyendo fuente de agua, bomba hidráulica, tuberías, ramales, aspersores y válvulas, todos con funciones específicas para asegurar una distribución eficiente y continua del agua en el cultivo.

**Tabla 9**

*Componentes del sistema de riego por aspersión*

| Componente            | Función                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Fuente de agua        | Puede ser un pozo, canal, río o reservorio; debe garantizar continuidad. |
| Bomba hidráulica      | Provee la presión necesaria para accionar los aspersores.                |
| Tubería principal     | Transporta el agua desde la bomba hacia el campo.                        |
| Ramales o laterales   | Distribuyen el agua a los aspersores.                                    |
| Aspersores            | Dispositivos que pulverizan el agua en forma de gotas.                   |
| Válvulas y conexiones | Controlan el caudal y permiten seccionar el sistema.                     |

**Nota:** Esta tabla resume los elementos esenciales del sistema de riego por aspersión, cuyo diseño debe considerar presión, caudal y alcance para lograr una aplicación eficiente del agua. Márquez & Luján (2021).



#### 2.2.4.1.1. Parámetros Técnicos Estándar del Riego por Aspersión

El diseño del sistema de riego por aspersión debe basarse en parámetros técnicos que aseguren una distribución eficiente y uniforme del agua sobre el área cultivada. Según Palomino Cárdenas (2024); por lo tanto, la Tabla 10 presenta los parámetros técnicos estándar para el riego por aspersión, incluyendo presión de operación, caudal, alcance, eficiencia y uniformidad de aplicación, fundamentales para lograr un riego eficiente y uniforme en el cultivo.

**Tabla 10**

*Parámetros Técnicos Estándar del Riego por Aspersión*

| Parámetro técnico              | Valor recomendado | Unidad | Aplicación práctica                            |
|--------------------------------|-------------------|--------|------------------------------------------------|
| Presión de operación           | 2.0 – 4.0         | bar    | Necesaria para lograr uniformidad en el riego  |
| Caudal por aspersor            | 0.5 – 1.5         | l/s    | Depende del tipo de boquilla y presión         |
| Alcance del aspersor           | 10 – 18           | m      | Determina la distancia entre unidades          |
| Eficiencia de aplicación       | 65 – 75           | %      | Influenciada por el viento y diseño hidráulico |
| Uniformidad de aplicación (CU) | > 75              | %      | Cuanto mayor sea, mejor distribución del agua  |

Nota: Estos valores permiten un diseño hidráulico adaptado al tipo de cultivo, suelo y clima, maximizando la eficiencia de riego. Quispe & Andrade (2022).

#### 2.2.4.1.2. Costos Estimados del Sistema de Riego por Aspersión – 1 ha (Perú, 2025)

El sistema de riego por aspersión requiere una inversión moderada en comparación con otros métodos tecnificados y es aplicable en diversos tipos de cultivo y suelos. Según Palomino Cárdenas (2024), la Tabla 11 detalla los costos estimados para instalar un sistema de riego por aspersión en una hectárea, con un total aproximado de S/. 9,260, incluyendo bomba, tuberías, aspersores, válvulas, mano de obra y supervisión técnica.

**Tabla 11**

*Costos Estimados del Sistema de Riego por Aspersión*

| Elemento del sistema              | Unidad   | Precio unitario (S/.) | Cantidad | Subtotal (S/.) |
|-----------------------------------|----------|-----------------------|----------|----------------|
| Bomba centrífuga 5 HP             | unidad   | 2,800                 | 1        | 2,800          |
| Tubería PEAD 2" (línea principal) | metro    | 10                    | 150      | 1,500          |
| Tubería PEAD 1.5" (secundaria)    | metro    | 8                     | 100      | 800            |
| Aspersores tipo impacto           | unidad   | 70                    | 20       | 1,400          |
| Válvulas y accesorios             | lote     | 500                   | 1        | 500            |
| Mano de obra (instalación)        | jornada  | 180                   | 7        | 1,260          |
| Supervisión técnica               | proyecto | 1,000                 | 1        | 1,000          |
| Total, estimado por hectárea      |          |                       |          | 9,260 S/.      |

Nota: Estos costos son referenciales y pueden variar según el tipo de cultivo, pendiente del terreno, calidad del agua y disponibilidad energética en la zona. Rivas & Córdova (2023).

2.2.4.1.3. Beneficios Ambientales del Riego por Aspersión

El riego por aspersión es un sistema presurizado que simula la lluvia, permitiendo una distribución controlada del agua sobre los cultivos. Según Palomino Cárdenas (2024); por lo tanto, la Tabla 12 destaca los beneficios ambientales del riego por aspersión, tales como la conservación del suelo, optimización del uso de agua, posibilidad de fertiirrigación, menor compactación y adaptabilidad a distintas topografías.

Tabla 12

*Beneficios Ambientales del Riego por Aspersión*

| Aspecto Ambiental            |     | Impacto Positivo                                                             |
|------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------|
| Conservación del suelo       | del | Disminuye erosión en terrenos inclinados mediante aplicación suave del agua. |
| Optimización del agua        | del | Reduce el uso total de agua en comparación con riego por gravedad.           |
| Fertiirrigación posible      |     | Permite la disolución y distribución uniforme de fertilizantes solubles.     |
| Menor compactación del suelo |     | Al no inundar el terreno, se protege la estructura del suelo agrícola.       |
| Adaptabilidad                |     | Se adapta a topografías variables sin necesidad de nivelación intensiva.     |

**Nota:** Desde una perspectiva ambiental, el riego por aspersión reduce impactos negativos sobre el suelo y el agua, alineándose con prácticas de agricultura sostenible. Campos & Velásquez (2020).

2.2.4.1.4. Ventajas y desventajas

El riego por aspersión consiste en aplicar agua en forma de lluvia artificial a través de aspersores, lo que permite una distribución más uniforme sobre el cultivo. Según Palomino Cárdenas (2024); la Tabla 13 presenta las ventajas del riego por aspersión, como cobertura uniforme, flexibilidad y control, frente a desventajas como pérdidas por evaporación, deriva de viento, consumo energético, costos y riesgo de enfermedades foliares.

Tabla 13

*Ventajas y desventajas del sistema de riego por aspersión*

| VENTAJAS                |  | DESVENTAJAS                             |  |
|-------------------------|--|-----------------------------------------|--|
| • Cobertura uniforme.   |  | • Perdida de agua por evaporación.      |  |
| • Flexibilidad.         |  | • Deriva de viento.                     |  |
| • Adaptabilidad.        |  | • Consumo de energía.                   |  |
| • Control de riego.     |  | • Costo de instalación y mantenimiento. |  |
| • Enfriamiento de aire. |  | • Riesgo de enfermedades foliares.      |  |

Nota. La tabla muestra las ventajas y desventajas del sistema de riego por aspersión (Agropinos ,2022).

### **2.2.5. Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua**

Las normas de calidad ambiental del agua (ECA) son normas técnicas que determinan los límites permisibles de contaminantes y parámetros físicos, químicos y biológicos en los cuerpos de agua. Su finalidad es proteger la salud humana; en el entorno acuático, las normas son la base de la gestión ambiental y pueden regular la calidad del agua en los hogares, la industria y los ecosistemas. (MINAN,2016).

Los ECA comprenden una variedad de parámetros que abarcan desde la presencia de sustancias químicas, como metales pesados, nutrientes, compuestos orgánicos, hasta indicadores biológicos y parámetros físicos como pH, temperatura, oxígeno disuelto, entre otros, cada parámetro tiene su propio valor límite establecido con base en estudios científicos y consideraciones de salud pública y ambiental (MINAN, 2016)

### **2.2.6. Estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo**

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el suelo son parámetros técnicos que establecen los niveles aceptables de contaminantes y características físicas, químicas y biológicas en el suelo, con el propósito de proteger la salud humana, preservar la biodiversidad del suelo y mantener la calidad de los ecosistemas terrestres (Hernandez & Gonzalez, 2021).

Es importante destacar que los ECA para el suelo son dinámicos y se adaptan a las necesidades específicas de cada región, considerando la variabilidad natural del suelo y los usos del terreno; el objetivo principal de estos estándares es asegurar que el suelo sea apto para los diversos usos, minimizando el riesgo de contaminación y preservando sus funciones naturales (Martínez & López, 2020).

### **2.2.7. Calidad de agua para riego agrícola**

La calidad del agua destinada al riego agrícola es un factor determinante para el éxito de la producción agrícola y la preservación de los suelos; los estándares de calidad del agua para riego se definen por la presencia de elementos; propiedades físicas, químicas y biológicas que pueden influir en el rendimiento de los cultivos, así como en la salud de los suelos y en el medio ambiente en general (Smith, 2021).

La evaluación y el control de la calidad del agua de riego son esenciales para optimizar la producción agrícola y mantener la sostenibilidad del suelo a largo plazo; Las normas

desarrolladas en esta materia permiten determinar la idoneidad del agua de riego y tomar medidas correctivas en caso de desviaciones, garantizando así el uso eficiente del agua y la protección de los recursos naturales (Martínez, 2020).

#### **2.2.8. Contaminación de aguas y suelo**

La contaminación de aguas y suelos es un problema ambiental global que tiene efectos significativos en la salud humana, la biodiversidad y la sostenibilidad de los ecosistemas terrestres y acuáticos (Smith, 2020).

La interrelación entre la contaminación del agua y del suelo es significativa; los contaminantes pueden migrar desde el suelo hasta las aguas subterráneas, contaminando así fuentes de agua potable y ecosistemas acuáticos (García, 2021).

##### ***2.2.8.1. Contaminación de agua***

La contaminación del agua es un problema ambiental crítico que compromete la calidad y disponibilidad de este recurso vital, afectando la salud humana, la biodiversidad acuática y la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos (Gómez, 2021)

Los cambios en la calidad del agua tienen un impacto directo en la vida acuática, la salud humana y la seguridad alimentaria; los contaminantes pueden afectar la flora y la fauna acuática y dañar los ecosistemas y, en algunos casos, la sociedad cuando se consume agua o alimentos contaminados; riesgos de salud (González, 2021).

##### ***2.2.8.2. Contaminación de suelos***

La contaminación de suelos es un fenómeno preocupante que impacta negativamente la calidad funcionalidad de la capa superficial terrestre, comprometiendo la salud de los ecosistemas y la viabilidad de la agricultura; pueden alterar la estructura, la fertilidad del suelo, disminuir la capacidad de retención de agua, nutrientes, que afectan negativamente el crecimiento de las plantas (Gómez, 2020),

Los suelos pueden contaminarse por diversas fuentes, como derrames de productos químicos, actividades industriales, prácticas agrícolas intensivas, disposición inapropiada de desechos y vertidos de residuos sólidos, introduciendo una variedad de contaminantes en el entorno edáfico (Pérez, 2020).

### **2.2.9. Mitigación**

La mitigación ambiental es la reducción, control o prevención de impactos negativos sobre los ecosistemas, la biodiversidad y los recursos naturales; este campo interdisciplinario ha recibido atención de diversos campos de la investigación científica y requiere un enfoque integral y diverso para resolver problemas ambientales (López, 2020).

Las estrategias de mitigación se centran en abordar diversos problemas ambientales, como el cambio climático, la degradación de los suelos, la contaminación del agua y la pérdida de biodiversidad; estas estrategias pueden incluir medidas de conservación, restauración de ecosistemas, uso sostenible de recursos, desarrollo de tecnologías limpias, políticas ambientales efectivas y promoción de prácticas responsables (Rodríguez, 2019).

### **2.2.10. Evaluación de impacto ambiental**

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso sistemático de evaluación del impacto ambiental potencial de un proyecto, plan o proyecto antes de su implementación; este enfoque interdisciplinario ha sido reconocido como una herramienta importante para la toma de decisiones en materia de desarrollo. Sostenibilidad y protección del medio ambiente (Martínez, 2019).

El proceso de EIA consta de varias etapas, que incluyen la identificación de impactos potenciales, la predicción de los efectos ambientales, la evaluación de la importancia de los impactos, la formulación de medidas de mitigación; la monitorización y seguimiento posterior a la implementación; donde esta metodología permite la identificación temprana de posibles impactos negativos en el entorno natural y humano, facilitando así la toma de decisiones informadas y la reducción de impactos adversos (Rodríguez, 2020).

#### ***2.2.10.1. Impacto ambiental***

Impacto ambiental se erige como piedra angular en la comprensión de la interacción entre actividades humanas y el entorno natural; según el informe de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos el impacto ambiental se refiere a las alteraciones significativas que una acción antrópica puede generar en los componentes ambientales, ya sea en términos de calidad del aire, suelo, agua, biodiversidad o paisaje (EPA, 2019).

#### ***2.2.10.2. Estudios de impacto ambiental***

Los estudios de impacto ambiental se definen como procesos sistemáticos que buscan identificar, prever y evaluar los impactos ambientales, sociales y económicos de un proyecto propuesto; su objetivo principal es proporcionar información integral que permita la toma de decisiones informada, mitigando riesgos ambientales y promoviendo la sostenibilidad (EPA, 2018).

La complejidad inherente a los estudios de impacto ambiental demanda la aplicación de metodologías rigurosas, enfoques multidisciplinarios; métodos cuantitativos, como el análisis de riesgos ambientales, la modelización predictiva, se combinan con enfoques cualitativos, como la evaluación del valor del paisaje y la percepción social (García, 2019).

#### ***2.2.10.3 Metodologías de evaluación de impacto ambiental***

La complejidad inherente a los ecosistemas, a las interacciones humanas exige un enfoque integral que combine métodos cuantitativos y cualitativos; métodos cuantitativos, como la modelización predictiva, el análisis estadístico, proporcionan una evaluación cuantificable de los impactos potenciales (López, 2022).

El análisis de riesgos constituye un componente crítico en la evaluación de impacto ambiental, especialmente en situaciones donde la incertidumbre es inherente; la identificación de escenarios prospectivos, que consideran diversas variables, condiciones futuras, permite evaluar la robustez de las estrategias propuestas y anticipar posibles desafíos a largo plazo (Martínez, 2019).

#### **2.2.11. Propuesta técnica-económica**

Una propuesta técnica-económica es un documento formal que describe una propuesta o solución a un problema específico, delineando los aspectos técnicos y económicos, estas propuestas son complejas y son elaboradas por empresas, contratistas o consultores para ofrecer sus servicios, productos o soluciones a clientes potenciales tanto del sector público como del privado (Díaz, 2021).

### ***2.2.11.1. Elementos de una propuesta técnica-económica***

Según López, (2020) los elementos de la propuesta técnica-económica son los siguientes:

- Resumen ejecutivo: Una breve descripción del proyecto propuesto, resaltando los puntos clave y los beneficios que ofrece.
- Descripción del problema o necesidad: Explicación detallada del problema que se pretende resolver o de la necesidad que se busca satisfacer.
- Propuesta de solución: Descripción detallada de la solución técnica que se ofrece, incluyendo especificaciones técnicas, metodologías de trabajo, tecnologías a utilizar, etc.
- Beneficios y ventajas: Enumeración de los beneficios que aportará la solución propuesta, resaltando sus ventajas competitivas y diferenciadoras.
- Plan de trabajo o cronograma: Detalle de las actividades a realizar, así como el tiempo estimado para su ejecución.
- Recursos necesarios: Listado de los recursos humanos, materiales y financieros necesarios para llevar a cabo el proyecto.
- Presupuesto y costos: Estimación detallada de los costos asociados al proyecto, incluyendo honorarios, materiales, equipos, gastos indirectos, etc.

### ***2.2.11.2. Método de elaboración para una propuesta técnica- económica***

Según Schwalbe, (2021) los métodos de elaboración para de una propuesta técnica-económica son los siguientes, así como las ventajas y desventajas mostradas en la tabla 14:

- Análisis de requisitos y necesidades del cliente: Antes de comenzar a redactar del cliente; esto implica realizar investigaciones, reuniones y consultas para comprender en detalle qué es exactamente lo que el cliente está buscando.
- Definición clara de la solución propuesta: Una vez que se han entendido los requisitos del cliente, se debe definir claramente la solución propuesta. Esto implica identificar los métodos, enfoques y tecnologías que se utilizarán para abordar los requisitos del cliente de manera efectiva.
- Desarrollo de un plan de trabajo detallado: Es importante desarrollar un plan de trabajo detallado que describa todas las actividades que se llevarán a cabo durante la ejecución



del proyecto. Esto incluye el cronograma de trabajo, los hitos importantes, los entregables y las responsabilidades de cada parte involucrada en el proyecto.

- Presupuesto y estimación de costos: Se debe elaborar un presupuesto detallado que desglose todos los costos asociados con la implementación de la solución propuesta. Esto incluye costos de mano de obra, materiales, equipos, gastos generales y cualquier otro gasto relacionado con el proyecto.
- Acceso Limitado al Agua de Calidad: La falta de un sistema de riego adecuado puede resultar en la escasez de agua limpia y segura para uso doméstico, lo que aumenta el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua y afecta la salud de los pobladores.
- Disminución de la Producción Agrícola: La falta de un sistema de riego eficiente puede reducir la productividad agrícola y la disponibilidad de alimentos frescos y nutritivos para la comunidad, lo que afecta la seguridad alimentaria y la nutrición de los pobladores.
- Desarrollo de un plan de trabajo detallado: Es importante desarrollar un plan de trabajo detallado que describa todas las actividades que se llevarán a cabo durante la ejecución del proyecto. Esto incluye el cronograma de trabajo, los hitos importantes, los entregables y las responsabilidades de cada parte involucrada en el proyecto.
- Presupuesto y estimación de costos: Se debe elaborar un presupuesto detallado que desglose todos los costos asociados con la implementación de la solución propuesta. Esto incluye costos de mano de obra, materiales, equipos, gastos generales y cualquier otro gasto relacionado con el proyecto.

**Tabla 14**

*Ventajas y desventajas de la propuesta técnica-económica*

| VENTAJAS                                                                                                                                                                                 | DESVENTAJAS                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Claridad y organización</li> <li>• Persuasión</li> <li>• Transparencia</li> <li>• Competitividad</li> <li>• Base para la negociación</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de tiempo y recursos</li> <li>• Competencia</li> <li>• Riesgo de rechazo</li> <li>• Requerimiento de actualización</li> <li>• Confidencialidad</li> </ul> |

Nota: Esta tabla muestra las ventajas y desventajas de la propuesta técnica. económica al implementar un sistema de riego tecnificado (Schwalbe ,2021).

### **2.2.12. Impacto social de la contaminación ambiental**

Es el resultado de una actividad humana que genera un efecto sobre el medio ambiente que supone una ruptura del equilibrio ambiental, puede manifestarse en varios aspectos que afectan a los pobladores y a la comunidad en general. Aquí hay una descripción detallada de algunos posibles impactos sociales (Smith J.,2019):

#### ***2.2.12.1. Seguridad Alimentaria y Nutrición***

Disminución de la Producción Agrícola: La falta de un sistema de riego eficiente puede reducir la productividad agrícola y la disponibilidad de alimentos frescos y nutritivos para la comunidad, lo que afecta la seguridad alimentaria y la nutrición de los pobladores (Díaz ,2021).

Dependencia de Alimentos Externos: La disminución de la producción agrícola local puede aumentar la dependencia de alimentos importados o de otras regiones, lo que afecta la autonomía y la resiliencia de la comunidad frente a crisis alimentarias (Díaz ,2021).

#### ***2.2.12.2. Economía Local y Empleo***

Pérdida de Ingresos: La reducción de la producción agrícola puede afectar los ingresos de los agricultores locales y de aquellos que dependen del sector agrícola para su sustento, lo que contribuye a la pobreza y la inestabilidad económica en la comunidad.

Desempleo y Migración: La disminución de la actividad agrícola puede provocar la pérdida de empleos en el sector, lo que puede llevar a la migración de trabajadores hacia otras áreas en busca de oportunidades laborales, afectando la cohesión social y familiar.

#### ***2.2.12.3. Calidad de Vida y Bienestar***

Impacto Psicosocial: La incertidumbre sobre la seguridad alimentaria, el acceso al agua y la estabilidad económica puede generar estrés, ansiedad y preocupación entre los pobladores, afectando su bienestar psicológico y su calidad de vida.

Desigualdades Sociales: Los efectos adversos de la falta de un sistema de riego tecnificado pueden intensificar las desigualdades sociales, especialmente para aquellos que ya son vulnerables debido a factores como el género, la edad o la situación socioeconómica.

### **2.2.13. Impacto económico de la contaminación ambiental**

El impacto económico de la contaminación ambiental se refiere a los costos y consecuencias financieras derivadas de la degradación del medio ambiente y la salud humana causada por la contaminación, abarca una amplia gama de aspectos económicos que pueden afectar tanto a las empresas como a las economías locales y globales, principales puntos relacionados con el impacto económico de la contaminación ambiental (Saavedra M.,2020):

#### ***2.2.13.1. Costos Ambientales***

**Restauración y Remediación:** La limpieza y restauración de áreas contaminadas y la remediación de recursos naturales afectados, como cuerpos de agua contaminados o suelos contaminados, pueden implicar costos considerables para los gobiernos, empresas y comunidades.

**Pérdida de Biodiversidad:** La contaminación ambiental puede contribuir a la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas, lo que tiene consecuencias económicas a largo plazo en términos de servicios ecosistémicos perdidos, como la polinización de cultivos y la purificación del agua.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Materiales**

##### **3.1.1. Materiales de campo**

- Palana.
- Cuadernos de recolección de datos.
- Cinta métrica.
- Estacas y cintas señalizadoras para delimitación de parcelas.
- Botellas o frascos para recolección de muestras de agua y suelo.
- Bolsas herméticas para transporte de muestras.
- Mapas topográficos y catastrales del Fundo Santa Rosa.
- Imágenes satelitales o fotografías aéreas (Google Earth).
- Fichas técnicas de componentes de sistemas de riego (goteo, aspersión, microaspersión).
- Normativa vigente sobre uso del agua y gestión ambiental.
- Fichas de evaluación de impacto ambiental.
- Datos climáticos históricos (temperatura, precipitación, evapotranspiración).
- Publicaciones científicas y académicas sobre riego tecnificado.

##### **3.1.2. Materiales de escritorio.**

- Cintas de identificación.
- Papel fotográfico.
- Hojas bond A4.
- Laptop.
- Software de oficina (Microsoft Excel, Word, PowerPoint).
- Software del programa Revit.
- Software de AutoCAD.
- Carpetas, archivadores y hojas bond A4
- Calculadora científica.
- Impresora y escáner.
- Material de papelería: lapiceros, lápices, resaltadores, reglas, correctores, etc.

##### **3.1.3. Equipos**

- Balanza de gramos (0.02 gr/5000 gr).
- Termohigrómetro BOECO Lcd temperatura humedad.
- Cámara de celular iPhone 15promax.

##### **3.1.4. Servicio de Laboratorio**

- Estudio fisicoquímico del agua de riego
- Estudio de suelo agrícola

#### **3.2. Método**

El método fue cuantitativo porque la información se recopila en el sitio con evidencia medible para la cuantificación y el análisis.

### 3.3. Diseño de la investigación

La unidad de trabajo es el Fundo "Santa Rosa", ubicado en el sector San Luis a la altura del Km 435- 442 de la Panamericana Norte- Santa – Ancash; la investigación es no experimental- descriptivo-cualitativo; por lo tanto, el único muestreo fue para la recolocación del suelo agrícola.

### 3.4. Población

La población fue considera como unidad de investigación al fundo "Santa Rosa" donde se encuentra conformado por 15hectareas (ha) 150 000m<sup>2</sup>; en la figura1 se muestra la ubicación satelital del Fundo "Santa Rosa" tomada de Google earth (12/2/2023).

**Figura 1**

*Ubicación satelital del Fundo "Santa Rosa"-Santa - Ancash*



### 3.5. Muestra

La muestra fue extraída del fundo "Santa Rosa" en cual comprendió una extensión de terreno 1hectarea (ha) 10 000m<sup>2</sup>.

### 3.6. Operacionalización de variables

Se identifican la variable independiente y la variable dependiente, acompañadas de sus respectivas definiciones conceptuales, dimensiones, indicadores e instrumentos de medición; donde la tabla está orientada a un enfoque mixto (técnico-económico y ambiental), se estructura para permitir medir y analizar el efecto del sistema de riego sobre el impacto ambiental.

**Tabla 15:** Operacionalización de variables

| Tipo de variable | Variable                     | Definición conceptual                                                                                                            | Dimensión                         | Indicador                            | Instrumento de recolección           |
|------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| INDEPENDIENTE    | Sistema de riego tecnificado | Tecnología agrícola diseñada para aplicar agua de manera eficiente al cultivo mediante métodos presurizados.                     | Riego por goteo                   | Nivel de humedad del suelo           | Termohigrómetro                      |
|                  |                              |                                                                                                                                  |                                   | Consumo de agua                      | Medidor volumétrico                  |
|                  |                              |                                                                                                                                  | Riego por aspersión               | Escurrimientos superficiales         | Observación directa                  |
|                  |                              |                                                                                                                                  |                                   | Uniformidad de distribución del agua | Evaluación de campo (coeficiente CU) |
|                  |                              |                                                                                                                                  |                                   | Consumo de agua                      | Medidor volumétrico                  |
| DEPENDIENTE      | Impacto ambiental            | Modificaciones en el ambiente físico, biológico, social o económico como consecuencia de la implementación del sistema de riego. | Ambiental                         | Salinidad del suelo                  | Análisis de laboratorio              |
|                  |                              |                                                                                                                                  |                                   | Presencia de plagas                  | Trampas ecológicas                   |
|                  |                              |                                                                                                                                  | Económico                         | Inversión inicial                    | Informe contable                     |
|                  |                              |                                                                                                                                  |                                   | Costos operativos                    | Informe contable                     |
|                  |                              |                                                                                                                                  | Valoración del impacto ambiental. | Rentabilidad del sistema             | Análisis de costos-beneficios        |
|                  |                              |                                                                                                                                  |                                   | Nivel de impacto (bajo, medio, alto) | Matriz de Leopold                    |

### 3.7. Técnica e instrumento de recolección de datos

Se seleccionaron técnicas e instrumentos de recolección de datos que permitieron obtener información precisa, confiable y pertinente tanto desde el enfoque técnico-productivo como desde la perspectiva ambiental y social; donde la tabla muestra las técnicas e instrumentos que se utilizaron en la recolección de datos del proyecto donde el uso de técnicas mixtas permitió una evaluación integral del sistema de riego tecnificado, abordando sus dimensiones técnicas, ambientales y económicas

**Tabla 16**

*Las técnicas e instrumentos utilizadas para la recolección de datos del proyecto*

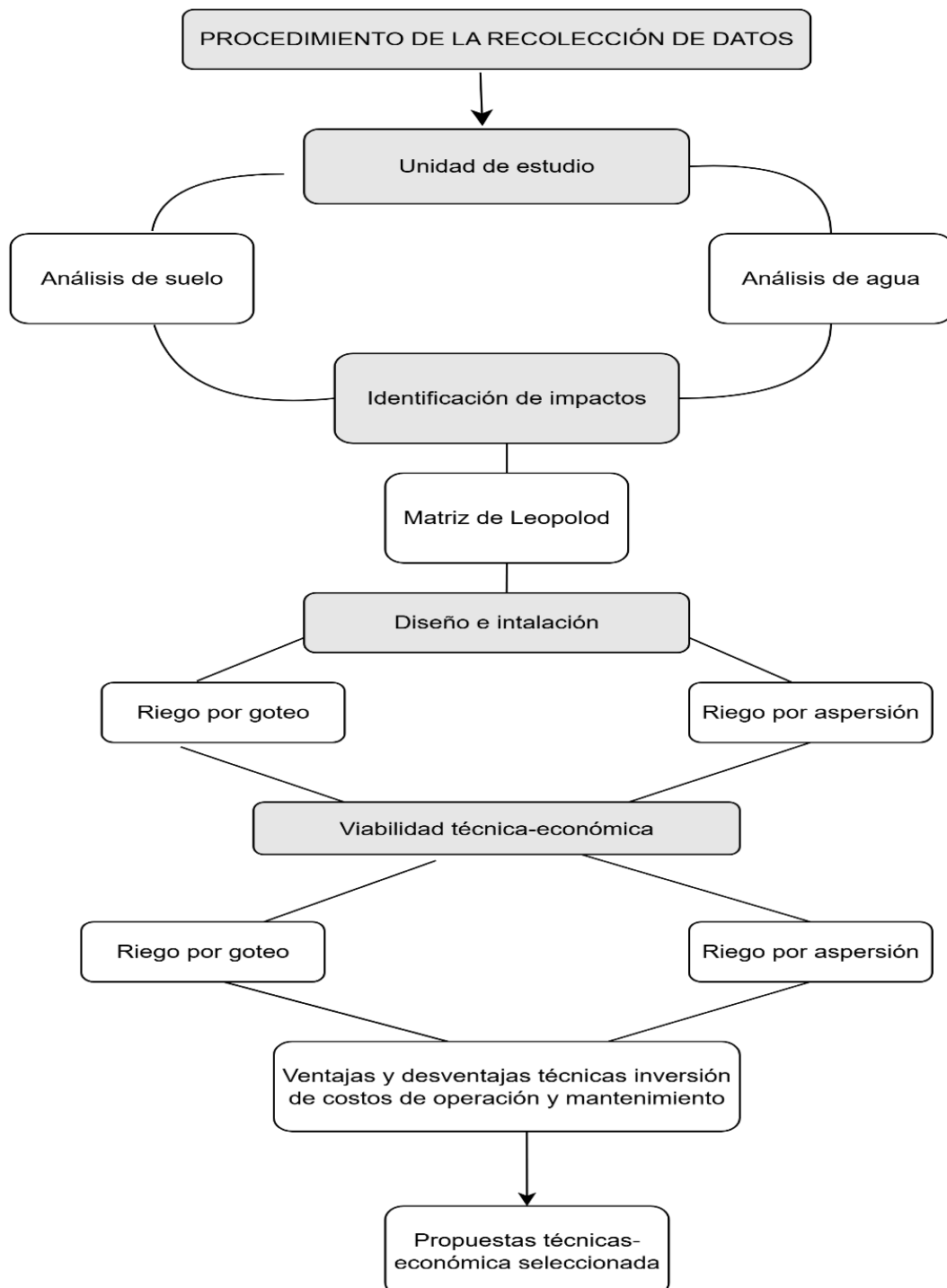
| Variable                      | Técnica de recolección       | Instrumento                             |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|
| Sistema de riego tecnificado  | Observación directa          | Ficha técnica del sistema               |
|                               | Medición en campo            | Termohigrómetro / Medidor de caudal     |
|                               | Revisión documental          | Manuales técnicos                       |
| Impacto ambiental (ambiental) | Muestreo y análisis de suelo | Análisis de laboratorio (salinidad)     |
|                               | Observación de campo         | Trampas ecológicas / Hoja de monitoreo  |
| Impacto ambiental (económico) | Revisión documental contable | Informes financieros / Fichas contables |
|                               | Análisis económico           | Cuadro de costos y beneficios           |
| Valoración del impacto        | Evaluación técnica ambiental | Matriz de Leopold                       |

### 3.8. Procedimiento de la investigación

El procedimiento metodológico de la presente investigación se estructuró en diferentes etapas secuenciales, conforme se observa en la figura 2, que permitieron desarrollar el estudio de manera ordenada, coherente y sistemática.

**Figura 2**

*Diagrama de flujo del procedimiento de la investigación*





### 3.8.1. Unidad de estudio

#### 3.8.1.1. Análisis de suelo

Se recolectó dos muestras de suelo compuestas, formadas por varias submuestras tomadas en áreas homogéneas del terreno, considerando topografía, vegetación y uso agrícola; la extracción se realizó en forma de “V” a una profundidad de 0 a 40 cm; las muestras, de 0.5 a 1.0 kg, fueron rotuladas para su posterior análisis físico-químico de acuerdo a los parámetros indicados en la tabla 17 del suelo del Fundo “Santa Rosa” de la UNS.

**Tabla 17**

*Parámetros físico-químico a evaluarse al suelo de la unidad de estudio.*

| PARÁMETRO               | SÍMBOLO | METODOLOGÍA                                                                                                                   |
|-------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FISICOQUÍMICOS          |         |                                                                                                                               |
| Arena                   | -       | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.3.9 AS-09 Determinación de la textura del suelo por el procedimiento de Bouyoucos       |
| Arcilla                 | -       |                                                                                                                               |
| Limo                    | -       |                                                                                                                               |
| Materia Orgánica        | (M.O.)  |                                                                                                                               |
| PH                      | Ph      |                                                                                                                               |
| Conductividad eléctrica | CE      |                                                                                                                               |
| MACRONUTRIENTES         |         |                                                                                                                               |
| Potasio disponible      | K       | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.1.10 AS-10 Determinación de fósforo y potasio aprovechable por el procedimiento Olsen.  |
| Fosforo disponible      | P       |                                                                                                                               |
| Nitrógeno               | N       |                                                                                                                               |
| BASES INTERCAMBIABLES   |         |                                                                                                                               |
| Calcio de cambio        | Ca      | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.1.12 AS-12,7.1.13 AS-13 Capacidad de intercambio Catiónicos y Cationes Intercambiables. |
| Sodio de cambio         | Na      |                                                                                                                               |

### 3.8.1.2. Análisis de agua

Para la recolección de la muestra de agua se realizó del pozo tubular que se encuentra en el "Fundo "Santa Rosa" canal principal que ingresa el fluido de riego para el fundo "Santa Rosa" se ha tenido en cuenta la extracción del medio del río o el área de flujo donde no hay demasiada turbulencia; evitando recolectar del borde del canal, porque podría haber sufrido evaporación o contaminación; el volumen de muestra mínimo requerido para el laboratorio fue de 0.5 a 1 litro; en la que se llenó la botella hasta la parte superior, etiquetándola para su posterior análisis físico-químico de acuerdo a los parámetros de la tabla 18 de agua del Fundo "Santa Rosa" de la UNS.

**Tabla 18**

*Parámetros físico-químico a evaluarse al agua de la unidad de estudio.*

| PARÁMETRO                 | SÍMBOLO | METODOLOGÍA                                                 |         |      |
|---------------------------|---------|-------------------------------------------------------------|---------|------|
| FISICOQUÍMICOS            |         |                                                             |         |      |
| PH                        | Ph      | SMEWW                                                       | 4500-H  | B.   |
| Conductividad eléctrica   | CE      | Electrometric<br>edition 2017                               | Method  | 23rd |
| CATIONES                  |         |                                                             |         |      |
| Calcio                    | Ca      | SMEWW                                                       | 3111    | C.   |
| Magnesio                  | Mg      | Extraction/Air-Acetylene Flame                              |         |      |
| Sodio                     | Na      | Method 23rd editon 2017                                     |         |      |
| Potasio                   | K       |                                                             |         |      |
| ANIONES                   |         |                                                             |         |      |
| Carbonatos                | CO3=    | SMEWW                                                       | 4500-Cl | B.   |
| Bicarbonatos              | HCO3    | Argentometric<br>edition 2017                               | Method  | 23rd |
| MISCELÁNEOS               |         |                                                             |         |      |
| Solidos Disueltos totales | TDS     | 540 C. Total Dissolved Solids                               |         |      |
| Clasificación del agua    | -       | Dried at 180°C<br>Calculo y nomograma de<br>Riverside,USDA. |         |      |

### 3.8.2. Identificación de impactos

#### 3.8.2.1. *Matriz de Leopold*

Para la identificación de impactos ambientales del fundo Santa Rosa, se realizó con agricultores de la zona, estudiantes de los últimos ciclos de la carrera de ingeniería agrónoma e ingenieros agrónomos.

##### a) **Construcción de la matriz de doble entrada**

- En las filas registrar los elementos con sus respectivos componentes que conforman el medio ambiente donde se instalará y ejecutará el proyecto de inversión, según cuadro adjunto.
- En las columnas registrar las acciones a desarrollar durante la ejecución del proyecto de inversión.

##### b) **Identificación de impactos**

- Para esta etapa se requiere contar con la información tecnológica y medio ambiente.
- Se requiere conocer y estar familiarizado con el área de influencia y naturaleza del proyecto.
- Relacionar y analizar causa – efecto (manifestación de una acción sobre un medio ambiental)
- Determinar por la calidad ambiental si el impacto es positivo o negativo y sombrear las celdas de color verde y rojo respectivamente.

##### c) **Descripción de impactos**

- En base al tipo de impacto, describir como se manifiesta o se produce el efecto positivo o negativo determinado, relacionando la acción con el medio ambiente.
- **Caracterización de impactos**
- En base a la tipología de impactos, caracterizar dicho impacto con lógica y coherencia de la acción con respecto a los elementos y componentes del medio ambiente.

##### d) **Valoración de impactos**

La valorización de impactos se realiza en términos de magnitud que produzca e importancia que manifieste el impacto, tal cual se muestra en la tabla 19.

- La **magnitud (M)** es una característica que indica cuánto ha sido alterado el ambiente, proponiéndose una escala de 1 a 10 conforme se muestra en el cuadro 1, en el cual 1, indica la magnitud menor y el 10, la mayor.

- La **importancia (I)**, se analiza en función a la duración e influencia, también mediante una escala de 1 a 10, en la que la menor se señala con 1 y la mayor con 10, conforme se muestra en el cuadro 2. Adicionalmente se asigna un signo: positivo (si el impacto es beneficioso) o negativo (si el impacto es adverso).

- Interpretar resultados

e) **Jerarquización de impactos**

- En esta etapa, con los resultados de la valoración ordenar en forma jerárquica tanto los impactos negativos como positivos, según cuadro adjunto. Los impactos negativos desde el valor más alto negativamente de significancia hasta el menos negativo. Similar, los impactos positivos, deben ser ordenados desde el valor más alto positivo hasta el valor menos positivo.
- Interpretar resultados.

f) **Medidas de mitigación o prevención del impacto**

Plantear las posibles acciones de prevención, control, atenuación, restauración y compensación de impactos ambientales negativos que deben acompañar el desarrollo del proyecto, a fin de asegurar el uso sostenible de los recursos naturales involucrados y la protección del medio ambiente.

**Tabla 19**

*Valoración de impactos positivos y negativos de magnitud (M) e importancia (I)*

| Magnitud     |            |            | Importancia  |            |            |
|--------------|------------|------------|--------------|------------|------------|
| Calificación | Intensidad | Afectación | Calificación | Intensidad | Afectación |
| 1            | Baja       | Baja       | 1            | Temporal   | Puntual    |
| 2            | Baja       | Media      | 2            | Media      | Puntual    |
| 3            | Baja       | Alta       | 3            | Permanente | Puntual    |
| 4            | Media      | Baja       | 4            | Temporal   | Local      |
| 5            | Media      | Media      | 5            | Media      | Local      |
| 6            | Media      | Alta       | 6            | Permanente | Local      |
| 7            | Alta       | Baja       | 7            | Temporal   | Regional   |
| 8            | Alta       | Media      | 8            | Media      | Regional   |
| 9            | Alta       | Alta       | 9            | Permanente | Regional   |
| 10           | Muy Alta   | Muy Alta   | 10           | Permanente | Regional   |

### 3.8.3. Diseño e instalación de los sistemas de riego tecnificado

#### 3.8.3.1. Diseño e instalación del riego por goteo

##### 3.8.3.1.1. *Diseño agronómico*

- *Cálculo de la Evapotranspiración del cultivo (ETc)*

$$ETc = ET_0 \times Kc$$

Donde:

ET<sub>0</sub> = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

Kc = Coeficiente del cultivo (depende de la etapa fenológica)

- *Necesidades totales (Nt)*

$$Nt = \frac{Nn}{Ef}$$

**Donde:**

Nt= Necesidades totales

Nn= Necesidades nominales

Ef = Eficiencia o factor eficiencia

- *Intervalo de Humedad disponible (IHD).*

$$IHD = \frac{(CC - PMP)}{100} \times Da \times Prof$$

**Donde:**

IHD= Intervalo de Humedad Disponible

CC= Capacidad de campo

PMP= Punto de Marchitez Permanente

Da = Densidad aparente del suelo

Prof = profundidad efectiva de la raíz o suelo

- *Eficiencia de riego*

$$Ef = Cu \times \%Pp$$

**Donde:**

Ef= Eficiencia de riego

Cu= Coeficiente de uniformidad de distribución (Christiansen%)

Pp= Porcentaje de penetración profunda efectiva

- **Selección del goteo**

$$Esp. Gotos = \phi \times 0.8$$

La cantidad de 0.8 corresponde al 40% de humedecimiento del cultivo.

- **Numero de emisores**

Resulta de multiplicar la medida entre planta y planta y el espacio entre gotero y gotero

- **Precipitación horaria**

$$Ph = \frac{Qp}{Mp}$$

**Donde**

Ph= Precipitación horaria

Qp= Caudal de precipitación

Mp= Superficie mojada

- **Tiempo de riego**

$$Tr = \frac{V}{Q \times n}$$

**Donde:**

Tr = Tiempo de riego (h/día)

V = Volumen diario requerido (L/día)

Q = Caudal del gotero (L/h)

n = Número total de goteros

- **Numero de turnos de riego**

$$N \text{ de unidades de riego} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo de riego}}$$

**Donde:**

Nº de unidades de riego= Número de turnos o parcelas que se pueden regar dentro del tiempo disponible.

Tiempo disponible= Tiempo total disponible para realizar riegos (por día, por semana, etc.

Tiempo de riego= Tiempo que tarda en regarse una unidad o parcela.

- **Requerimiento diario de agua**

$$V = \frac{ETc \times A}{\text{Eficiencia del sistema}}$$

**Donde:**

V = Volumen diario requerido (litros/día)

A = Área efectiva de cultivo (m²)

Eficiencia = Suele oscilar entre 85–95% para riego por goteo

### 3.8.2.1.2. Diseño Hidráulico

- **Tolerancia de caudales**

$$CU = \left(1 - \frac{1.27 CV}{e}\right) \times \frac{qns}{qa}$$

**Donde:**

CU = coeficiente de uniformidad, adimensional

CV = coeficiente de variación de fabricación del emisor, adimensional

E = numero de emisores que suministran agua a una sola planta

Qns = caudal minimo del emisor de la subunidad (lt /hora)

Qa = caudal medio del emisor (lt/hora)

- **Cálculo de tolerancia de presiones**

$$Q = kh^x$$

**Donde:**

Q = Q gotero = Caudal del gotero (l/h)

H = presion (metro)

K = constante de flujo del gotero

X = exponente de flujo del goteo

- **Pérdida de carga permisible en la unidad de riego**

$$AH = M x(ha - hns)$$

**Donde:**

Ha = presion media del emisor (metros)

Hns = presion minima del emisor (metros)

- **Precipitación del sistema (PP)**

$$PP = \left( \frac{Q_{gotero} \times nl}{de \times dl} \right) \times 10$$

**Donde:**

Q gotero = Caudal del gotero (l/h)

de= Distancia entre emisores en el lateral (m)

dl= Distancia entre líneas de plantas

nl= Numero laterales por líneas de plantación

- **Caudal del sistema**

$$Q_{\text{sistema}} = \frac{A_{\text{total}} \times Q}{1000}$$

**Donde:**

Qsistema= Caudal total del sistema

A<sub>total</sub>= Área total a regar

Q= requerimiento de riego por hectárea

1000= factor de conversión

- **Requerimiento de potencia del sistema**

$$Pb = \frac{Q \times H}{(270 \times e) 100}$$

**Donde:**

Pb: potencia bomba (HP)

Pm: potencia motor (HP)

H: carga total (mca)

Q: caudal (m<sup>3</sup>/h)

e: eficiencia de bombeo (%)

Fs: factor de servicio

### 3.8.3.2. Diseño e instalación del riego por aspersión

#### 3.8.3.2.1.1. Diseño agronómico

- **Cálculo de la Evapotranspiración del cultivo (ETc)**

$$ETc = ET_0 \times Kc$$

**Donde:**

ET<sub>0</sub> = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

Kc = Coeficiente del cultivo (depende de la etapa fenológica)

- **Necesidades brutas (Nb)**

$$Nb = \frac{Nn}{Ea}$$

**Donde:**

Nb= Necesidades brutas

Nn= Necesidad Neta de Riego

Ea: Eficiencia de aplicación del sistema (rango típico: 70%–85%).



- **Intervalo de riego (dias)**

$$Ir = \frac{IHD}{ETc}$$

**Donde:**

Ir= Intervalo de riego

IHD=Intervalo de Humedad Disponible del suelo (mm)

ETc=Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

- **Tiempo de riego (Tr)**

$$Tr = \frac{Lb}{pH}$$

**Donde:**

Tr=Tiempo de riego

Lb= Lámina bruta (mm)

pH= Precipitación horaria del sistema (mm/h)

- **Precipitación horaria (pH)**

$$pH = \frac{Qp}{A} \times 3600$$

**Donde:**

Ph =Precipitación horaria

Qp:= Caudal del aspersor (L/s)

A= Área regada por el aspersor (m²)

- **Distribución uniforme (DU)**

$$DU = 100 \times \frac{X_{\text{cuartil inferior}}}{X_{\text{total}}}$$

Evalúa la uniformidad mínima (en la zona que menos recibe agua).  $DU \geq 75\%$  es aceptable.

- **Caudal total del sistema (Qs)**

$$Qs = \frac{A_{\text{total}} \times Lb}{Tr \times 3600}$$

**Donde:**

Atotal= Área total a regar (m²)

Lb= Lámina bruta (mm)

Tr=Tiempo disponible para regar (horas)

- *Área regada por aspersor*

$$A = El \times Et$$

**Donde:**

El= Espaciamiento entre líneas

Et=Espaciamiento entre aspersores en la línea

### 3.8.3.2.1.2. Diseño hidráulico

- *Caudal del aspersor*

$$Q = \frac{Ph \times A}{3600}$$

**Donde:**

Q =Caudal por aspersor (L/s)

Ph = Precipitación deseada del sistema (mm/h)

A =Área regada por el aspersor (m²)

3600 = Conversión de horas a segundos

- *Caudal total del sistema*

$$Qs = \frac{Atotal \times Lb}{Tr \times 3600}$$

**Donde:**

Qs = Caudal total del sistema

Atotal= Área total a regar (m²)

Lb= Lámina bruta a aplicar (mm)

Tr = Tiempo disponible para riego (horas)

- *Cálculo de la precipitación requerida en aspersor*

$$H = \left(\frac{Q}{K}\right)^2$$

**Donde:**

H =Presión de servicio (m.c.a.)

Q =Caudal del aspersor (L/s)

K =Coeficiente específico de la boquilla del aspersor (empírico)

- *Presión en el punto más desfavorable*

$$H_r = H_a + h_f + \Delta z$$

**Donde:**

**H<sub>r</sub>:** Presión requerida en la bomba

**H<sub>a</sub>:** Presión de servicio mínima del aspersor (por ejemplo, 30 m.c.a.)

**h<sub>f</sub>:** Pérdida de carga total en la línea

**Δz:** Diferencia de elevación (positivo si hay pendiente ascendente)

- *Velocidad del flujo (V)*

$$v = \frac{Q}{A}$$

**Donde:**

**V** = Velocidad del flujo

**Q** = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

**A** = Área de la sección transversal de la tubería (m<sup>2</sup>)

### 3.8.4. Viabilidad técnica-económica

#### 3.8.4.1. Levantamiento de información base

Para obtener todos los datos necesarios de la evaluación posterior en la que se usaron fichas técnicas, visitas de campo, entrevistas, análisis de normas, tal se plasma en la tabla 20:

- Recolección de datos técnicos del entorno (topografía, clima, suelo, energía, etc.)
- Identificación del problema a resolver o necesidad a cubrir
- Determinación de los objetivos del proyecto
- Revisión normativa y legal relacionada

#### 3.8.4.2. Formulación de alternativas técnicas

Diseño y comparo distintas opciones viables que pueden resolver el problema o cumplir el objetivo.

- Establecimiento de criterios técnicos mínimos
- Diseño de varias soluciones técnicamente válidas
- Identificación de requerimientos por cada alternativa

**Tabla 20**

*Tabla de alternativas, tecnología, requerimientos técnicos y aplicabilidad*

| Alternativa | Tecnología                        | Requerimientos Técnicos                                                                    | Aplicabilidad                                                                                 |
|-------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A</b>    | Tipo de tecnología que se propone | Descripción breve de equipos o condiciones necesarias (ej. bomba, filtros, presión mínima) | Contexto o condiciones donde se puede usar (ej. cultivos intensivos, zonas con agua limitada) |
| <b>B</b>    | Otro tipo de tecnología           | Requerimientos técnicos que debe cumplir (ej. redes de tuberías, presión estable)          | Descripción de aplicabilidad (ej. terrenos planos, cultivos extensos)                         |

#### **3.8.4.3. Evaluación viable técnica**

La determinación si las alternativas son técnicamente factibles en el contexto del proyecto, se realizó:

- Verificar compatibilidad con condiciones del sitio.
- Analizar mantenibilidad y sostenibilidad técnica.
- Revisar la disponibilidad de recursos tecnológicos y humanos.

#### **3.8.4.4. Evaluación viable económica**

Analizar el comportamiento económico y financiero esperado de cada alternativa.

- Estimar inversiones iniciales y costos operativos
- Proyectar ingresos o beneficios esperados

#### **3.8.4.5. Análisis de ventajas y desventajas por alternativa**

Evaluar desde un enfoque integral (técnico, económico, social, ambiental) las fortalezas y debilidades de cada opción., tal cual se muestra en la tabla 21.

**Tabla 21**

*Ventajas y desventajas de la viabilidad técnica-económica*

| Alternativa | Ventajas técnicas                                        | Ventajas económicas                                            | Desventajas técnicas                                         | Desventajas económicas                                     |
|-------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>A</b>    | Características técnicas positivas (ej. alta eficiencia) | Beneficios económicos esperados (ej. menor consumo energético) | Limitaciones técnicas (ej. requiere mantenimiento constante) | Aspectos económicos negativos (ej. alta inversión inicial) |
| <b>B</b>    | Descripción breve de ventajas técnicas                   | Aspectos económicos positivos                                  | Limitaciones técnicas                                        | Aspectos económicos negativos                              |
| <b>C</b>    | Ventajas técnicas propias de la alternativa              | Beneficios económicos                                          | Desventajas técnicas                                         | Desventajas económicas                                     |

### 3.8.4.5. Análisis multicriterio y jerarquización

Ponderar y comparar las alternativas para seleccionar una propuesta final justificada, se muestra la tabla 22 la matriz de ponderación del análisis multicriterio y jerarquización.

**Tabla 22**

*Matriz de ponderación*

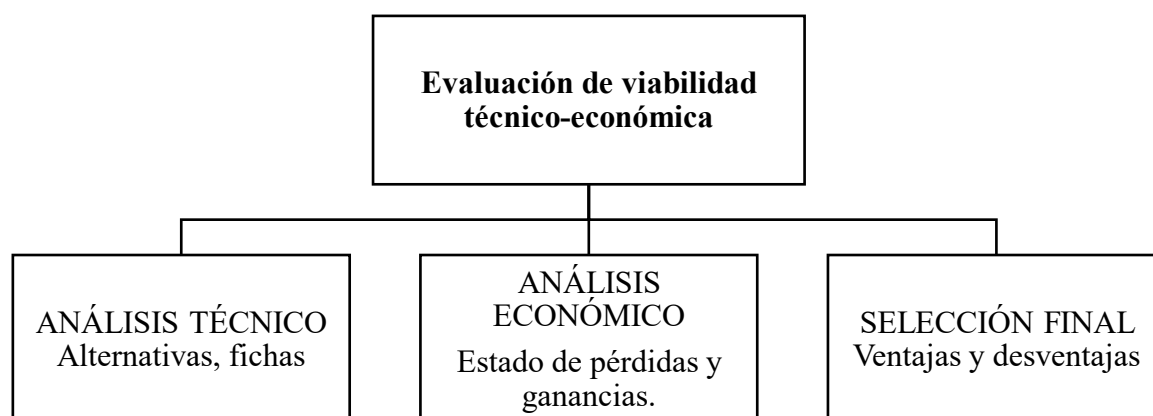
| <b>Criterio Evaluado</b> | <b>Peso (%)</b>              | <b>Alternativa A (puntuación)</b>                             | <b>Alternativa B (puntuación)</b> | <b>Alternativa C (puntuación)</b> |
|--------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Eficiencia técnica       | Porcentaje asignado (ej. 40) | Calificación de 1 a 10 según desempeño esperado               | Igual que A pero para B           | Igual que A pero para C           |
| Costos de operación      | Porcentaje asignado (ej. 30) | Puntuación según costos operativos                            |                                   |                                   |
| Mantenimiento            | Porcentaje asignado (ej. 15) | Puntuación según facilidad de mantenimiento                   |                                   |                                   |
| Aceptación social        | Porcentaje asignado (ej. 15) | Puntuación según nivel de aceptación comunitaria              |                                   |                                   |
| <b>Total ponderado</b>   | 100%                         | Suma ponderada calculada (fórmula: suma de puntuación × peso) | Igual para B                      | Igual para C                      |

### 3.8.4.7 Selección y formulación de la propuesta técnico-económico

- Seleccionar una alternativa justificada desde el análisis técnico y económico.
- Se detalla la alternativa seleccionada sin ejecutarla.
- Se especifican sus requerimientos, limitaciones, riesgos y posibles ajustes.
- Se prepara una propuesta técnica-económica con planos, cronogramas y estructura de costos.

**Figura 3**

*Selección de la propuesta técnico-económico*



## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Características fisicoquímicas del suelo y agua del Fundo “Santa Rosa” de la UNS.

#### 4.1.1. Características fisicoquímicas del suelo del Fundo “Santa Rosa” de la UNS

El análisis del suelo del Fundo “Santa Rosa”, de acuerdo a la tabla 23 indica una textura franca, ideal para sistemas de riego tecnificado, ya que proporciona buen balance entre infiltración y retención hídrica (Bai et al., 2021). El pH de 7.81 se mantiene dentro del rango óptimo para la disponibilidad de nutrientes en fertirriego (Zhao et al., 2022).

**Tabla 23**

*Estudio del suelo agrícola del Fundo “Santa Rosa” de la UNS*

| Parámetro                        | Símbolo           | Unidad    | Resultado | Rango de referencia                          | Grado de restricción             |
|----------------------------------|-------------------|-----------|-----------|----------------------------------------------|----------------------------------|
| Clase textural                   | –                 | –         | Franco    | –                                            | –                                |
| pH                               | pH                | –         | 7.81      | 6.5 – 7.5 (óptimo)<br>(ligeramente alcalino) | Normal<br>(ligeramente alcalino) |
| Conductividad eléctrica          | CE                | dS/m      | 3.144     | 0 – 2 (bajo)<br>(medio)<br>>4 (alto)         | Alto                             |
| Materia orgánica                 | M.O.              | %         | 2.87      | <2 (bajo)<br>(medio)<br>>4 (alto)            | Normal                           |
| Fósforo disponible               | P                 | mg/kg     | 38.92     | <10 (bajo)<br>(medio)<br>>30 (alto)          | Alto                             |
| Potasio disponible               | K                 | mg/kg     | 65.4      | <100 (bajo)<br>(medio)<br>>200 (alto)        | Bajo                             |
| Nitrógeno total                  | N                 | mg/kg     | 1428.4    | 1000 – 2000<br>(tolerable)<br>>2000 (alto)   | Tolerable                        |
| Calcio intercambiable            | Ca                | meq/100 g | 26.87     | >10 (alto)                                   | Alto                             |
| Magnesio intercambiable          | Mg                | meq/100 g | 1.47      | 1 – 3 (tolerable)<br>>3 (alto)               | Tolerable                        |
| Sodio intercambiable             | Na                | meq/100 g | 0.09      | <0.7 (bajo)<br>(medio)<br>>2 (alto)          | Bajo                             |
| Micronutrientes (Cu, Zn, Mn, Fe) | Varios            | mg/kg     | Altos     | >suficientes para cada elemento              | Alto                             |
| Carbonatos (CaCO <sub>3</sub> )  | CaCO <sub>3</sub> | %         | 3.41      | <5% (bajo)<br>(medio)<br>>15% (alto)         | Bajo                             |
| Calcio disponible                | Ca                | mg/kg     | 7052.5    | >1000 (alto)                                 | Alto                             |
| Sodio disponible                 | Na                | mg/kg     | 74.8      | 70 – 150 (tolerable)<br>>150 (alto)          | Tolerable                        |

**Nota.** Esta tabla fue el resultado del estudio de suelo agrícola, elaborado por el laboratorio Anoba(2024).

Por otro lado, la conductividad eléctrica (CE) del suelo alcanza un valor de 3.144 dS/m, considerado como alto. Este nivel de salinidad puede afectar negativamente a cultivos sensibles, reduciendo su rendimiento y eficiencia fisiológica. Raviv et al. (2020) sostienen que, en condiciones de alta salinidad, se deben aplicar estrategias específicas como el uso de sistemas de riego localizado y programas de lavado periódico del suelo para evitar la acumulación de sales en la zona radicular.

El contenido de materia orgánica es de 2.87%, lo cual es un valor adecuado. Esta condición mejora la estructura del suelo, incrementa la capacidad de retención de agua y favorece la actividad biológica. Según Wang et al. (2021), un nivel de materia orgánica entre 2 y 3% contribuye significativamente a la estabilidad física del suelo y a la eficiencia del uso del agua en sistemas tecnificados.

Respecto a la fertilidad, el contenido de fósforo disponible es alto (38.92 mg/kg), lo cual es favorable para el desarrollo de raíces y el crecimiento temprano de los cultivos. Koutroubas et al. (2021) indican que valores superiores a 30 mg/kg aseguran una disponibilidad adecuada de fósforo, reduciendo la necesidad de fertilización de fondo. Sin embargo, el potasio disponible (65.4 mg/kg) se encuentra en niveles bajos, lo cual podría limitar el desarrollo vegetal, especialmente en cultivos exigentes. Será necesario implementar un programa de fertirriego con potasio, considerando además el equilibrio con nitrógeno y fósforo.

El contenido de nitrógeno total (1428.4 mg/kg) es tolerable, lo que indica una buena reserva, aunque será importante complementar con análisis de formas disponibles (nitrato y amonio) para un manejo más eficiente en cultivos intensivos. En cuanto a las bases intercambiables, el calcio se encuentra en niveles altos (26.87 meq/100g), lo que aporta a la estabilidad del complejo de intercambio catiónico. El magnesio y sodio son tolerables y bajos, respectivamente, lo que reduce riesgos de dispersión de arcillas o sodificación.

Finalmente, los micronutrientes (Cu, Zn, Mn y Fe) presentan niveles altos, lo que indica una disponibilidad adecuada para el desarrollo normal de los cultivos, sin riesgo de deficiencias. La presencia de carbonatos (3.41%) es baja, por lo que no representa una limitación en la disponibilidad de micronutrientes. En conjunto, este perfil de suelo es favorable para sistemas de riego tecnificado, con recomendaciones específicas en el manejo de la salinidad y del potasio, así como monitoreo constante del pH y nutrientes disponibles.

#### 4.1.2. Características fisicoquímicas del agua del Fundo Santa Rosa de la UNS

El análisis del agua del canal del río Santa en consideración de la tabla 24, revela un pH elevado de 9.04, lo cual representa un riesgo agronómico, ya que puede afectar la disponibilidad de micronutrientes esenciales como Fe, Mn y Zn. Según Ghassemi et al. (2021), un pH superior a 8.5 puede reducir la eficiencia del fertirriego y alterar el balance químico del suelo, por lo que se recomienda un manejo ajustado del pH mediante acidificantes o fertilizantes acidificantes en el sistema.

**Tabla 24**

*Estudio de agua del canal procedente del Río Santa para riego del Fundo "Santa Rosa" de la UNS*

| Parámetro clave                | Símbolo                       | Resultado     | Unidad | Rango de referencia                                             | Grado de restricción     |
|--------------------------------|-------------------------------|---------------|--------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|
| pH                             | pH                            | 9.04          | –      | 6.5 – 8.4 (óptimo)<br>>8.5 (alto)                               | Alto                     |
| Conductividad eléctrica        | CE                            | 0.89          | dS/m   | <0.7 (bajo)<br>0.7 – 3 (moderado)<br>>3 (alto)                  | Bajo                     |
| Sodio                          | Na <sup>+</sup>               | 3.93          | meq/L  | <3 (bajo)<br>3 – 9 (moderado)<br>>9 (alto)                      | Bajo                     |
| Relación de adsorción de sodio | RAS                           | 2.62          | –      | <6 (bajo riesgo)<br>6–18 (moderado)<br>>18 (alto riesgo)        | Bajo                     |
| Bicarbonatos                   | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 1.7           | meq/L  | <1.5 (aceptable)<br>1.5 – 8.5 (tolerable)<br>>8.5 (restricción) | Tolerante                |
| Sólidos disueltos totales      | TDS                           | 560           | mg/L   | <500 (buena)<br>500 – 2000 (moderada)<br>>2000 (alta)           | Buena                    |
| Clasificación del agua         | –                             | Buena calidad | –      | Según parámetros generales (CE, RAS, TDS, etc.)                 | Precaución (por pH alto) |

**Nota.** Esta tabla muestra el resultado del estudio de agua agrícola, elaborado por el laboratorio Anoba(2024).



La conductividad eléctrica (CE) de 0.89 dS/m clasifica el agua como de baja salinidad, lo cual es favorable para la mayoría de cultivos y no representa riesgo de salinización si se combina con un manejo adecuado del suelo (Ayers & Westcot, 2020). Asimismo, la concentración de sodio ( $\text{Na}^+ = 3.93 \text{ meq/L}$ ) y la Relación de Adsorción de Sodio ( $\text{RAS} = 2.62$ ) se consideran bajas, indicando que el agua tiene bajo potencial de sodificación, lo que reduce riesgos de deterioro estructural del suelo bajo riego frecuente (Shahid et al., 2022).

El nivel de bicarbonatos ( $1.7 \text{ meq/L}$ ) se encuentra en el rango tolerable, aunque su acumulación prolongada puede elevar el pH del suelo y reducir la disponibilidad de calcio y magnesio. En estos casos, el uso periódico de enmiendas como yeso agrícola puede ayudar a mantener el equilibrio iónico (Norton et al., 2021).

El valor de sólidos disueltos totales ( $\text{TDS} = 560 \text{ mg/L}$ ) indica que el agua es de buena calidad para riego, sin efectos adversos directos sobre la mayoría de cultivos, siempre que se mantenga una adecuada frecuencia de riego y drenaje.

Aunque el agua para riego ha sido catalogada como de “buena calidad” en función de aspectos como la conductividad eléctrica, la relación de adsorción de sodio (RAS) y los sólidos disueltos totales, su pH elevado (9.04) genera preocupación, ya que supera con creces el rango óptimo de pH para el riego agrícola. Tal como señalan Guodong Liu et al. (2024), al trabajar con cultivos especializados, es frecuente que el agua disponible presente valores elevados de pH, lo cual puede provocar la precipitación de micronutrientes esenciales—como hierro, manganeso, zinc y obstrucción de componentes del sistema de fertirriego

## **4.2. Diseño e instalación de los sistemas de riego por goteo y aspersión.**

### **4.2.1. Diseño e instalación del sistema de riego por goteo del Fundo “Santa Rosa” de la UNS.**

El diseño del sistema de riego por goteo en el Fundo “Santa Rosa” de la Universidad Nacional del Santa se fundamenta en la optimización del uso del recurso hídrico para el cultivo de banano, en un contexto de creciente demanda y restricciones ambientales. Este estudio analiza tal se describe en la tabla 25 variables agronómicas, hidráulicas y de calidad del agua para definir los parámetros técnicos adecuados que permitan una aplicación eficiente y precisa del agua en la zona radicular, reduciendo pérdidas por evaporación y escorrentía. Se consideran aspectos como la textura del suelo, la demanda hídrica del cultivo, y la topografía del terreno para establecer un sistema de riego por goteo adaptado a las condiciones locales y orientado a la sostenibilidad ambiental y eficiencia productiva.

#### **4.2.1.1. Diseño agronómico del riego por goteo para banano (*Musa paradisiaca* L.)**

- **Datos generales del cultivo Banano (*Musa paradisiaca* L.)**

Marco de plantación típico: 3 m × 2 m (densidad = 1666 plantas/ha)

Requerimiento hídrico promedio: 5 a 7 mm/día

Profundidad efectiva de raíces: 30–60 cm

Coeficiente de cultivo (**Kc**): 0.9 (desarrollo) a 1.2 (plena producción)

Período crítico: fructificación y llenado del racimo

- **Evapotranspiración del cultivo (ETc)**

$$ETc = 5.5 \text{ mm/día} \times 1.1 = 6.05 \text{ mm/día}$$

**Donde:**

ETo: Evapotranspiración de referencia (mm/día)

Kc: Coeficiente del cultivo (según etapa fenológica)

#### **4.2.1.2. Diseño hidráulico del sistema de goteo para banano (*Musa paradisiaca* L.)**

- **Número de goteros por planta**

$$N^{\circ} \text{ Goteros} = 2 \text{ goteros/planta}$$

- **Caudal del gotero (q)**

$$Q = 4 \text{ L/h}$$

- **Lámina de riego (L)**

$$\text{Volumen} = \frac{6.05 \times 10,000}{1000} = 60.5 \text{ m}^3/\text{día}$$

- **Tiempo de riego diario (T)**

$$1666 \text{ plantas/ha} \times 2 \text{ goteros} = 3332 \text{ goteros}$$

$$Q = 4 \text{ L/h} \rightarrow 0.004 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T = \frac{60.5}{3332 \times 0.004} \approx 4.54 \text{ horas/día}$$

**Tabla 25**

*Resumen del diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego por goteo*

| Parámetro                   | Valor / Fórmula                                                                  | Unidad         | Observación                                                                                  |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Marco de plantación         | $3 \times 2$                                                                     | m              | 1666 plantas/ha                                                                              |
| Requerimiento hídrico (ETc) | $ETc = ET_o \times Kc$                                                           | mm/día         | $ET_o = 5.5 \text{ mm/día}$ , $Kc = 1.1$<br>$\rightarrow ETc = 6.05 \text{ mm/día}$          |
| Profundidad radicular       | 30 – 60                                                                          | cm             | Para ajuste de profundidad de riego                                                          |
| Nº de goteros/planta        | 2                                                                                | goteros/planta | Dependiendo del tamaño y desarrollo radicular                                                |
| Caudal por gotero (q)       | 4                                                                                | litros/hora    | Valor típico para banano                                                                     |
| Volumen diario requerido    | $Vol = (ETc \times \text{Área}) / 1000$                                          | m³/día         | $\text{Área} = 10,000 \text{ m}^2$ (1 ha)<br>$\rightarrow Vol = 60.5 \text{ m}^3/\text{día}$ |
| Total, goteros por ha       | $1666 \text{ plantas} \times 2$                                                  | 3332 goteros   |                                                                                              |
| Tiempo de riego diario (T)  | $T = Vol / (N^\circ \text{ goteros} \times q)$<br>$= 60.5 / (3332 \times 0.004)$ | horas/día      | Resultado $\approx 4.54 \text{ horas/día}$                                                   |
| Presión de operación        | 1.0 – 1.5                                                                        | bar            | Para garantizar flujo uniforme                                                               |
| Filtración                  | Malla 120 mesh                                                                   | –              | Previene obstrucción de goteros                                                              |
| Fertirriego                 | Uso de inyector Venturi o bomba dosificadora                                     | –              | Aplicación precisa de fertilizantes                                                          |

#### **Figura 4**

*Vista general del sistema de riego por goteo del Fundo "Santa Rosa" de la UNS.*

El sistema de riego por goteo mostrado en la lamina 01 y en el anexo 6 , está diseñado para una parcela de 1.26 hectáreas dentro de un área total de 6.41 hectáreas, con una clara organización en líneas y sectores. Se aprecia una red de tuberías principales y laterales que distribuyen el agua a los goteros ubicados estratégicamente para asegurar la aplicación directa y localizada de agua al sistema radicular de los cultivos. Esta disposición es típica para optimizar el uso eficiente del agua y nutrientes, minimizando pérdidas por evaporación y escurrimiento, lo cual es crucial en zonas donde la conservación del recurso hídrico es prioritaria.

Se observa también un área dedicada a la zona de bombeo y a varios reservorios, que permiten un almacenamiento y suministro continuo, asegurando la presión y volumen requeridos para un funcionamiento adecuado del sistema. La red hidráulica se complementa con válvulas y conexiones específicas para el control del flujo y mantenimiento del sistema.

El detalle del arco de riego completo que se presenta en el plano ilustra la estructura de soporte y conexión de los tubos principales y secundarios, incluyendo reductores, codos y válvulas que facilitan el manejo y distribución del agua. Además, se contempla la instalación de un elevador o bobina recortable, que permite la regulación y mantenimiento de la presión, garantizando una aplicación uniforme y eficiente.

De acuerdo con Rodríguez et al. (2021), los sistemas de riego por goteo bien diseñados no solo aumentan la eficiencia en el uso del agua, sino que también mejoran el rendimiento y calidad de los cultivos, al permitir un control preciso de la humedad y nutrientes en el suelo. Esta tecnología, además, contribuye significativamente a la mitigación del impacto ambiental al reducir la escorrentía y lixiviación.

En suma, la configuración del sistema de riego por goteo representado en este plano refleja un diseño agronómico e hidráulico integral, acorde con las mejores prácticas actuales, y se alinea con recomendaciones recientes para sistemas tecnificados sostenibles en la agricultura (Gómez & Martínez, 2020).

#### 4.2.2. *Diseño e instalación del sistema de riego por aspersión del Fundo "Santa Rosa" de la UNS.*

El diseño del sistema de riego por aspersión para el Fundo "Santa Rosa" de la Universidad Nacional del Santa se enfoca en la optimización del recurso hídrico para el cultivo de banano, considerando las características agroclimáticas y topográficas del área. Se evalúan de acuerdo a la tabla 26, parámetros hidráulicos y agronómicos esenciales, tales como presión de operación, caudal, alcance de aspersores y eficiencia de aplicación, junto con la calidad del agua y textura del suelo. Este análisis técnico permite definir un sistema de riego que maximice la cobertura y uniformidad, asegurando un uso eficiente del agua y contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y la productividad del cultivo.

##### 4.2.2.1. *Diseño agronómico del riego por goteo para banano (Musa paradisiaca L.)*

- **Densidad de plantación (Dp):**

Si el marco de plantación del banano es, por ejemplo, 3 m entre plantas y 2 m entre hileras:

$$\text{Área por planta} = 3 \times 2 = 6 \text{ m}^2$$

Número de plantas por hectárea (10,000 m<sup>2</sup>):

$$Dp = \frac{10,000}{6} = 1,666 \text{ plantas/ha}$$

##### 4.2.2.2. *Diseño hidráulico del sistema de goteo para banano (Musa paradisiaca L.)*

- **Caudal por aspersor (Q):**

$$Q = 0.8 \text{ L/s}$$

- **Alcance del aspersor (R):**

Alcance típico para aspersores en banano:

$$R = 15 \text{ m}$$

Área cubierta por aspersor

$$A = \pi R^2 = 3.1416 \times 15^2 = 706.86 \text{ m}^2$$

- **Número de aspersores (N):**

Para cubrir 1 ha (10,000 m<sup>2</sup>):

$$N = \frac{10,000}{A} = \frac{10,000}{706.86} \approx 14.14 = 15 \text{ aspersores}$$

- **Caudal total (Q<sub>t</sub>):**

$$Q_t = N \times Q = 15 \times 0.8 = 12 \text{ L/s}$$

Convertir a m<sup>3</sup>/h (1 L/s = 3.6 m<sup>3</sup>/h):

$$Q_t = 12 \times 3.6 = 43.2 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Demanda hídrica diaria (ET<sub>c</sub>):**

$$V = ET_c \times 10,000 \text{ m}^2 \times \frac{1}{1000} = 6 \times 10 = 60 \text{ m}^3/\text{día}$$

- **Tiempo de riego diario (T):**

$$T = \frac{V}{Q_t} = \frac{60}{43.2} = 1.39 \text{ horas /día}$$

- **Presión de operación (P):**

$$P = 2.0 - 4.0 \text{ bar}$$

**Tabla 26**

*Resumen del diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego por aspersión*

| Parámetro                                | Fórmula / Valor                                | Resultado / Unidad              | Observación                                |
|------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|
| Densidad de plantación (D <sub>p</sub> ) | $D_p = \frac{10,000}{\text{área por planta}}$  | 1,666 plantas/ha                | Área planta = 3 m × 2 m = 6 m <sup>2</sup> |
| Caudal por aspersor (Q)                  | Valor típico                                   | 0.8 L/s                         | Según tipo de aspersor                     |
| Alcance del aspersor (R)                 | Valor típico                                   | 15 m                            | Radio de cobertura del aspersor            |
| Área cubierta por aspersor (A)           | $A = \pi R^2$                                  | 706.86 m <sup>2</sup>           | Área circular de riego                     |
| Número de aspersores (N)                 | $N = \frac{10,000}{A}$                         | 15 aspersores                   | Para cubrir 1 ha                           |
| Caudal total (Q <sub>t</sub> )           | $Q_t = N \times Q$                             | 12 L/s (43.2 m <sup>3</sup> /h) | Suma caudal de todos aspersores            |
| Demanda hídrica diaria (V)               | $V = ET_c \times 10,000 \times \frac{1}{1000}$ | 60 m <sup>3</sup> /día          | ET <sub>c</sub> = 6 mm/día                 |
| Tiempo de riego diario (T)               | $T = \frac{V}{Q_t}$                            | 1.39 horas/día                  | Duración diaria de riego                   |
| Presión de operación (P)                 | Rango recomendado                              | 2.0 – 4.0 bar                   | Para un funcionamiento eficiente           |

## Figura 5

*Vista general del sistema de riego por aspersión del Fundo "Santa Rosa" de la UNS.*

El sistema de riego por aspersión mostrado en la lámina PL-1-A y el anexo 7, está diseñado para una parcela de 1.26 hectáreas dentro de un área total de 6.41 hectáreas. Se observa una distribución organizada de aspersores tipo microaspersión o rotadores que permiten una cobertura uniforme del terreno, lo que es clave para cultivos como el banano que requieren un riego homogéneo para optimizar el crecimiento. El diseño incluye tres reservorios de almacenamiento con capacidades de 50, 90 y 90 m<sup>3</sup> respectivamente, que aseguran un suministro constante de agua, además de una zona de bombeo conectada a un pozo tubular, lo cual indica que el sistema es autosuficiente en cuanto a la fuente hídrica.

La red de tuberías está diferenciada por diámetros y tipos de material (PVC rígido y flexible), lo que facilita el manejo hidráulico y la instalación. Además, el uso de válvulas hidráulicas y de aire ayuda a controlar el flujo y prevenir problemas como golpes de ariete o aire en la red. La instalación de difusores de la serie PRO-SPRAY y métodos alternativos de instalación con tubería flexible denotan un diseño adaptable que puede minimizar pérdidas por evaporación y deriva, mejorando la eficiencia del sistema.

Según Pereira et al. (2021), un diseño adecuado de sistemas de riego por aspersión debe priorizar la uniformidad de distribución y la eficiencia hídrica, aspectos que se reflejan en el esquema presentado. Además, autores como Gómez y Martínez (2020) señalan que el uso de reservorios bien dimensionados y la integración de sistemas de bombeo confiables son esenciales para garantizar un suministro constante y reducir el riesgo de fallos, especialmente en zonas con variabilidad climática o acceso limitado al agua.

Por tanto, el diseño observado no solo cumple con principios técnicos, sino que también considera la sostenibilidad y la adaptabilidad del sistema, lo que es fundamental para asegurar la productividad y el cuidado ambiental en el Fundo "Santa Rosa".

### 4.3. Costos de instalación, operación y mantenimiento del sistema de riego tecnificado en el Fundo “Santa Rosa” de la UNS.

**4.3.1. Sistema de riego por goteo:** Se realizó un análisis de costos de instalación, operación y mantenimiento para el sistema de riego por goteo en el Fundo “Santa Rosa” de la UNS; destaca lo siguiente:

**Tabla 27**

*Costo de instalación del sistema de riego por goteo en el Fundo Santa Rosa de la UNS*

| Materiales                                 |                                   |                 |           |
|--------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------|
| Concepto                                   | Cantidad                          | Precio unitario | Subtotal  |
| Materiales y equipos del sistema de riego  |                                   |                 |           |
|                                            | 1                                 | 3, 000.00       | 3,000.00  |
| Tubería principal (PVC 2")                 | 100m                              | 15.00           | 1,500.00  |
| Tubería secundaria (PE 1")                 | 500m                              | 3.00            | 1,500.00  |
| Cinta de riego con goteo integrado         | 7,200m                            | 0.50            | 3,600.00  |
| Filtros de arena + malla                   | 1                                 | 800.00          | 800.00    |
| Válvulas y accesorios                      | paquete                           | 300.00          | 300.00    |
| Sistema de fertirrigación (Venturi)        | 1                                 | 200.00          | 200.00    |
| Manómetros y válvulas de control           | 3 unidades                        | 50.00           | 150.00    |
| Herramientas y consumibles menores         | -                                 | -               | 200.00    |
| Total, de materiales                       |                                   |                 | 11,500.00 |
| Fuente de agua                             |                                   |                 |           |
| Construcción de pozo tubular (30mt)        | 1                                 | 4,500.00        | 4,500.00  |
| Cisterna de almacenamiento (5,000lt)       | 1                                 | 3,000.00        | 3,000.00  |
| Instalación y conexión hidráulica          | 1                                 | 1,800.00        | 1,800.00  |
| Total, de fuente de agua                   |                                   |                 | 9,300.00  |
| Instalación electricidad                   |                                   |                 |           |
| Instalación eléctrica monofásica 220V      | Cableado, postes                  |                 | 4,000.00  |
| Tablero de control y protección            | Interruptor térmico y diferencial |                 | 2,000.00  |
| Automatización básica (timer, relés)       | Sistema básico                    |                 | 1,500.00  |
| Total, de electricidad                     |                                   |                 | 6,000.00  |
| Mano de obra                               |                                   |                 |           |
| Instalación del sistema de riego por goteo |                                   |                 | 3,000.00  |
| Excavación y conexión de tuberías          |                                   |                 | 800.00    |
| Pruebas, calibración y ajustes             |                                   |                 | 800.00    |
| Total, de mano de obra                     |                                   |                 | 4,600.00  |
| Otros costos                               |                                   |                 |           |
| Transporte de materiales                   |                                   |                 | 1,500.00  |
| Improvisto (5% del total)                  |                                   |                 | 1,000.00  |
| Total, de otros costos                     |                                   |                 | 2,500.00  |
| TOTAL                                      |                                   |                 | 33,900.00 |



La Tabla 27 muestra un costo total de S/. 33,900.00 para la implementación de un sistema de riego por goteo en el Fundo Santa Rosa. Esta inversión se encuentra desglosada en cinco componentes clave: materiales, fuente de agua, electricidad, mano de obra y otros costos. Según López y Quispe (2022), los sistemas de riego presurizado como el goteo, aunque requieren inversión inicial moderada, ofrecen alta eficiencia hídrica y ahorro a mediano plazo.

El componente más representativo en esta sección es la cinta de riego con goteo integrado, con 7,200 metros a un costo de S/. 3,600.00, lo que representa más del 30% del total de materiales. La tubería secundaria de PE de 1" (S/. 1,500.00) y la principal de PVC (S/. 1,500.00) conforman el esqueleto hidráulico del sistema. Asimismo, el uso de motobomba de 1.5 HP, filtros de arena y malla, y el sistema de fertirrigación (Venturi) garantizan la operatividad técnica del riego. Salazar y Medina (2020) señalan que los sistemas con filtración y fertirrigación aumentan la eficiencia en la entrega de agua y nutrientes directamente a la raíz.

La inversión en la fuente de agua representa un 28% del total, destacando la construcción de un pozo tubular de 30 m (S/. 4,500.00) como el elemento más costoso en esta sección. La cisterna de 5,000 litros (S/. 3,000.00) asegura almacenamiento para turnos de riego, mientras que la instalación hidráulica (S/. 1,800.00) conecta todos los componentes. Según Paredes (2021), tener una fuente propia de agua permite independencia operativa y continuidad en épocas de sequía.

La instalación eléctrica monofásica (S/. 4,000.00) y el tablero de control (S/. 2,000.00) permiten la operación segura del sistema. Además, la automatización básica (S/. 1,500.00) optimiza el uso del riego en función de horarios o requerimientos del cultivo. Según Ramírez et al. (2021), la automatización incluso básica puede mejorar el rendimiento hídrico hasta en un 25%.

El costo de mano de obra comprende la instalación del sistema (S/. 3,000.00), además de la excavación (S/. 800.00) y las pruebas y calibraciones (S/. 800.00). Estos procesos aseguran que el sistema funcione con precisión. Como afirman González et al. (2021), una instalación técnica adecuada es determinante para evitar pérdidas de presión o fugas en los primeros años.

También contempla transporte de materiales (S/. 1,500.00) e imprevistos (S/. 1,000.00), equivalentes al 5% del total. Estos gastos suelen omitirse en presupuestos estimados, pero

son cruciales para evitar retrasos o sobrecostos, como advierte Pérez (2022) en estudios de implementación de riego en zonas rurales.

#### 4.3.1.1. Costos anuales de operación y mantenimiento del sistema de riego por goteo

**Tabla 28**

*Costos de operación y mantenimiento anual del sistema de riego por goteo*

| <b>Operación y mantenimiento</b>                    |                   |                       |                       |
|-----------------------------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Actividad</b>                                    | <b>Frecuencia</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Subtotal anual</b> |
| Limpieza y desinfección del pozo                    | 1 vez             | 500,00                | 500,00                |
| Revisión y mantenimiento preventivo de bomba        | 1 vez             | 500,00                | 500,00                |
| <b>Total</b>                                        |                   |                       | <b>1,00.00</b>        |
| <b>Mantenimiento del sistema de riego por goteo</b> |                   |                       |                       |
| <b>Actividad</b>                                    | <b>Frecuencia</b> | <b>Costo estimado</b> |                       |
| Reposición de tramos de cinta de riego (5%)         | 1 vez             | 360.00                |                       |
| Limpieza de filtros (3 veces por campaña)           | 3 veces           | 90.00                 |                       |
| Revisión/reposición de válvulas y goteros           | 1 vez             | 120.00                |                       |
| Inspección de tuberías principales/secundarias      | 1 vez             | 80.00                 |                       |
| <b>Total</b>                                        |                   |                       | <b>650.00</b>         |
| <b>Mano de obra operativa</b>                       |                   |                       |                       |
| <b>Concepto</b>                                     | <b>Frecuencia</b> | <b>Costo mensual</b>  | <b>Subtotal anual</b> |
| Operador de riego (1/2 jornada)                     | 6 meses x1ha      | 500.00                | 3, 000.00             |
| <b>Total</b>                                        |                   |                       | <b>3, 000.00</b>      |
| <b>Infraestructura eléctrica</b>                    |                   |                       |                       |
| <b>Actividad</b>                                    | <b>Frecuencia</b> | <b>Costo estimado</b> |                       |
| Revisión de tablero, cables y conexiones            | 1 vez             | 200.00                |                       |
| <b>Total</b>                                        |                   |                       | <b>200.00</b>         |
| <b>Total, de la operación y mantenimiento</b>       |                   |                       | <b>s/4,850.00</b>     |

La Tabla 28 presenta un costo total anual de S/. 4,850.00 para la operación y mantenimiento del sistema de riego por goteo. Esta cifra refleja un enfoque integral que abarca el mantenimiento del pozo, del sistema de riego, la infraestructura eléctrica y la mano de obra. Según Pérez (2022), considerar estos costos desde el inicio permite sostener la eficiencia del sistema y evitar daños acumulativos o interrupciones en el riego.

Esta sección contempla dos actividades esenciales: la limpieza y desinfección del pozo (S/. 500.00) y el mantenimiento preventivo de la motobomba (S/. 500.00). Ambas tareas se programan una vez al año, lo cual es coherente con lo recomendado por Salazar y Medina (2020), quienes indican que el mantenimiento anual es suficiente para garantizar la seguridad sanitaria del agua y la vida útil del equipo.

El mantenimiento técnico del sistema contempla tareas operativas básicas que aseguran su buen funcionamiento. La reposición del 5% de cinta de riego (S/. 360.00) es necesaria por desgaste o daños. La limpieza de filtros tres veces por campaña (S/. 90.00) es clave para evitar obstrucciones, y la revisión de válvulas, goteros y tuberías (S/. 210.00 en total) permite mantener la presión y distribución uniforme. Según González et al. (2021), estos mantenimientos son de bajo costo, pero críticos para sostener la eficiencia del sistema por varios años.

También asigna S/. 3,000.00 al operador de riego, contratado por media jornada durante seis meses. Este personal es clave para manejar los tiempos de riego, monitorear presiones y realizar ajustes diarios. López y Quispe (2022) destacan que la presencia de personal capacitado reduce pérdidas de agua y mejora el aprovechamiento de los fertilizantes aplicados por fertirrigación.

La revisión del tablero, cableado y conexiones eléctricas tiene un costo estimado de S/. 200.00 anuales. Este monto es mínimo, pero necesario para garantizar la seguridad operativa y evitar fallas. Ramírez et al. (2021) señalan que una revisión anual básica puede prevenir cortocircuitos o daños a la bomba.

#### 4.3.2. Sistema de riego por aspersión

**Tabla 29**

*Costo de instalación del sistema de riego por aspersión.*

| Detalle                                          | Unidad | Cantidad | Precio Unitario (S/.) | Subtotal (S/.)   |
|--------------------------------------------------|--------|----------|-----------------------|------------------|
| Perforación de pozo (50 m)                       | ml     | 50       | 180                   | 9,000            |
| Entubado con PVC Ø6" clase 10                    | ml     | 50       | 35                    | 1,750            |
| Grava filtrante + limpieza de pozo               | pozo   | 1        | 600                   | 600              |
| Tapa de concreto armado con válvula de aire      | unidad | 1        | 800                   | 800              |
| <b>TOTAL</b>                                     |        |          |                       | <b>12,150</b>    |
| <b>Motobomba y accesorios</b>                    |        |          |                       |                  |
| Motobomba sumergible 5HP – 220V trifásico        | unidad | 1        | 4,300                 | 4,300            |
| Tablero eléctrico con arrancador suave           | unidad | 1        | 1,900                 | 1,900            |
| Cables sumergibles (50 m)                        | lote   | 1        | 950                   | 950              |
| Tubería de impulsión PVC Ø2"                     | ml     | 50       | 22                    | 1,100            |
| <b>Total</b>                                     |        |          |                       | <b>8,250</b>     |
| <b>Materiales</b>                                |        |          |                       |                  |
| Aspersores de impacto Ø¾" cobertura 12–15 m      | unidad | 36       | 130                   | 4,680            |
| Tubería matriz PVC Ø2" clase 10                  | ml     | 100      | 20                    | 2,000            |
| Tubería secundaria PE Ø1½"                       | ml     | 250      | 14                    | 3,500            |
| Válvulas, uniones, conectores rápidos, T y codos | lote   | 1        | 1,300                 | 1,300            |
| Estacas o soportes metálicos móviles             | unidad | 36       | 25                    | 900              |
| <b>Total</b>                                     |        |          |                       | <b>12,380</b>    |
| <b>Sistema eléctrico</b>                         |        |          |                       |                  |
| Instalación eléctrica aérea (poste – pozo, 50 m) | ml     | 50       | 30                    | 1,500            |
| Gestión e instalación conexión trifásica         | unidad | 1        | 2,200                 | 2,200            |
| Caja general + protecciones                      | unidad | 1        | 700                   | 700              |
| <b>Total</b>                                     |        |          |                       | <b>4,400</b>     |
| <b>Mano de obra</b>                              |        |          |                       |                  |
| Instalación del pozo (entubado, tapa)            | jornal | 5        | 120                   | 600              |
| Instalación de motobomba y tablero               | jornal | 3        | 150                   | 450              |
| Instalación sistema de riego                     | jornal | 8        | 120                   | 960              |
| Instalación eléctrica general                    | jornal | 4        | 150                   | 600              |
| <b>Total</b>                                     |        |          |                       | <b>2,610</b>     |
| <b>Gastos generales y de contingencia</b>        |        |          |                       |                  |
| Transporte, contingencias, herramientas menores  |        | 10%      | 39,790                | 3,979            |
| <b>Total</b>                                     |        |          |                       | <b>3,979</b>     |
| <b>Total, de presupuesto</b>                     |        |          |                       | <b>43,769.00</b> |

La Tabla 29 indica que el costo total de instalación del sistema de riego por aspersión asciende a S/. 43,769.00, distribuidos entre perforación de pozo, motobomba, materiales, sistema eléctrico, mano de obra y gastos generales. En comparación con el sistema de riego por goteo (Tabla 27: S/. 33,900.00), este sistema presenta un costo 29% superior, principalmente debido a mayor demanda de presión y energía. Según González et al. (2021), los sistemas por aspersión requieren mayor inversión en bombeo y distribución, pero son adecuados para cultivos extensivos y suelos con buena infiltración.

La perforación de un pozo de 50 metros representa el mayor gasto individual en esta sección (S/. 9,000.00), seguido del entubado con PVC Ø6" (S/. 1,750.00). También se considera grava filtrante, limpieza y una tapa de concreto armado con válvula de aire (S/. 800.00). Estos costos aseguran una fuente de agua profunda, segura y con buena durabilidad. De acuerdo con Ramírez et al. (2021), pozos profundos ofrecen mayor estabilidad hídrica frente a periodos secos, especialmente en zonas con presión agrícola creciente.

La instalación de una motobomba sumergible de 5HP trifásica (S/. 4,300.00) es adecuada para cubrir la presión requerida por aspersores. Se incluye un tablero con arrancador suave (S/. 1,900.00), lo que mejora la durabilidad del motor. Los cables sumergibles y tubería de impulsión (S/. 2,050.00) completan esta sección. Pérez (2022) resalta que los equipos con arrancador suave disminuyen el desgaste eléctrico y mecánico en sistemas que requieren presión constante, como el de aspersión.

En esta sección los aspersores de impacto Ø¾" (S/. 4,680.00) constituyen el insumo principal, con 36 unidades que aseguran buena cobertura (12–15 m cada uno). Se complementan con tuberías matriz y secundaria (S/. 5,500.00), válvulas, conectores y soportes metálicos móviles (S/. 900.00). Este sistema, al ser móvil y modular, permite rotación y adaptabilidad en campo, como recomiendan López y Quispe (2022) para cultivos de ciclo corto o en parcelas diversificadas.

La instalación aérea (S/. 1,500.00) y la conexión trifásica (S/. 2,200.00) representan el soporte energético del sistema. Se complementan con una caja de protecciones (S/. 700.00). La trifásica es adecuada para bombas de mayor potencia. Según Salazar y Medina (2020), el uso de energía trifásica permite una operación más eficiente, con menor riesgo de fallas por sobrecarga.

La mano de obra está dividida en instalación del pozo, motobomba, sistema de riego y eléctrica. El costo total (S/. 2,610.00) es razonable para la magnitud del proyecto y garantiza

que cada etapa esté supervisada por personal técnico, minimizando errores de instalación. González et al. (2021) destacan que la calidad de instalación incide directamente en la presión uniforme y en la durabilidad del sistema.

Por lo tanto, se considera un 10% adicional (S/. 3,979.00) para transporte, herramientas menores y contingencias. Esta reserva presupuestal es prudente y evita contratiempos comunes en proyectos rurales. Paredes (2021) afirma que una provisión anticipada para imprevistos reduce significativamente retrasos y sobrecostos.

**Tabla 30**

*Costo de operación y mantenimiento del sistema de riego por aspersión*

| <b>Detalle</b>                              | <b>Unidad</b> | <b>Frecuencia</b> | <b>Subtotal<br/>Anual (S/.)</b> |
|---------------------------------------------|---------------|-------------------|---------------------------------|
| Energía eléctrica (promedio 4 hrs/día, 5HP) | kWh           | ~6,000 kWh/año    | 5,400.00                        |
| Mantenimiento de motobomba y tablero        | servicio      | 1 vez/año         | 1,800.00                        |
| Reposición de aspersores dañados (5%)       | unidad        | 2                 | 1,300.00                        |
| Revisión y limpieza de tuberías, filtros    | servicio      | 1 vez/año         | 3,000.00                        |
| Mano de obra de mantenimiento general       | jornal        | 4                 | 1,200.00                        |
| <b>Total</b>                                |               |                   | <b>12,700.00</b>                |

La Tabla 30 detalla un costo anual total de S/. 12,700.00 para la operación y mantenimiento del sistema de riego por aspersión. Esta cifra triplica el costo de mantenimiento del sistema por goteo (ver Tabla 32, S/. 4,850.00), lo que evidencia la mayor exigencia energética y técnica del sistema aspersor. Según Pérez (2022), los sistemas de aspersión, si bien cubren áreas más amplias, implican un gasto operativo mayor debido a la presión constante requerida para el funcionamiento uniforme de los emisores.

El mayor componente del costo es el consumo energético: aproximadamente 6,000 kWh/año, estimando un funcionamiento de 4 horas diarias con una bomba de 5HP. Este valor representa el 42% del total operativo anual, según la Tabla 27. Ramírez et al. (2021) afirman que el gasto energético en sistemas presurizados puede llegar a representar hasta la mitad del presupuesto de operación, especialmente en zonas sin subsidios eléctricos.

El mantenimiento anual del equipo de bombeo y control eléctrico es indispensable para asegurar la continuidad y seguridad del sistema. Esta intervención preventiva (S/. 1,800.00) evita sobrecalentamientos, daños eléctricos y fallas hidráulicas, como recomiendan González et al. (2021). La presencia de un tablero con arrancador suave (ver Tabla 27) permite reducir el desgaste, pero no elimina la necesidad de mantenimiento técnico especializado.

Se considera la reposición del 5% de los aspersores instalados (2 unidades), con un costo elevado debido al tipo de aspersor utilizado (impacto de gran alcance). Esto evidencia que los aspersores son más costosos de reemplazar que las cintas de goteo (ver Tabla 32: S/. 360.00 por reposición del 5%). Según López y Quispe (2022), la exposición directa y el riesgo de golpe físico o deterioro por presión hacen que el mantenimiento de emisores en sistemas de aspersión sea más delicado.

La limpieza y revisión de tuberías, filtros y válvulas se realiza una vez por campaña, con un costo de S/. 3,000.00, debido a la complejidad del sistema y al volumen de agua movilizado. Esta intervención es crítica para prevenir obstrucciones, asegurar presión uniforme y evitar caídas de rendimiento. Paredes (2021) advierte que los sistemas aspersores son más sensibles a residuos sólidos o arenas en el agua, lo que justifica la necesidad de filtros eficientes y limpieza frecuente.

El costo de mano de obra para mantenimiento general del sistema es S/. 1,200.00 anuales (4 jornales). Este monto es menor en proporción, pero representa una tarea clave: verificar conexiones, soportes, alineación de emisores y funcionamiento uniforme. Como indica Salazar y Medina (2020), un sistema correctamente ajustado puede reducir pérdidas de presión y mejorar la eficiencia del riego hasta en un 20%.

#### 4.3.3. Comparación de costos del sistema de riego por goteo y aspersión en el Fundo “Santa Rosa” de la UNS

**Tabla 31**

*Tabla de comparación de costos del sistema de riego por goteo y aspersión en el Fundo “Santa Rosa” de la UNS*

| Categoría                                      | Riego por Goteo                   | Riego por Aspersión                          |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|
| Costo total de instalación (S/.)               | 33,900.00                         | 43,769.00                                    |
| Costo anual de operación y mantenimiento (S/.) | 4,850.00                          | 12,700.00                                    |
| Eficiencia de uso de agua (%)                  | 90–95% (FAO, 2020)                | 60–75% (FAO, 2020)                           |
| Pérdida por evaporación                        | Muy baja                          | Alta                                         |
| Control de malezas                             | Mayor, por riego localizado       | Menor, por humectación amplia                |
| Costos energéticos                             | Moderado                          | Alto                                         |
| Inversión inicial en fuente de agua            | S/. 9,300.00                      | S/. 12,150.00                                |
| Manejo de fertilizantes (fertirriego)          | Fácil de automatizar y preciso    | Más limitado, menos uniforme                 |
| Durabilidad de componentes                     | Media (cintas de riego: 2–3 años) | Alta (aspersores: 4–5 años)                  |
| Flexibilidad para topografías                  | Alta (adaptable a pendientes)     | Media-baja (restringido a pendientes suaves) |
| Requiere presión alta                          | Baja (0.5–1 bar)                  | Alta (2–4 bar)                               |

La Tabla 31 muestra que el sistema de riego por goteo requiere una inversión inicial de S/. 33,900.00, mientras que el sistema por aspersión alcanza S/. 43,769.00, es decir, casi S/. 10,000.00 más costoso. La diferencia proviene principalmente de la mayor exigencia en profundidad del pozo, potencia de motobomba y complejidad de componentes en el sistema aspersor (ver Tablas 27 y 28). Según Pérez (2022), el riego por aspersión tiene mayor carga eléctrica y estructural desde la instalación.

El costo anual de operación y mantenimiento del goteo (S/. 4,850.00) es mucho menor que el del sistema por aspersión (S/. 12,700.00), Esto se debe principalmente al menor consumo



energético (por operar a bajas presiones) y a que el mantenimiento de cintas de riego es más económico que el de aspersores y motobombas potentes. Como indican Ramírez et al. (2021), el goteo reduce significativamente los gastos a largo plazo, especialmente en zonas rurales sin tarifas eléctricas subsidiadas.

El riego por goteo presenta una eficiencia de uso de agua entre 90% y 95% (FAO, 2020), mientras que la aspersión apenas alcanza 60–75%. Asimismo, la pérdida por evaporación es muy baja en el goteo, ya que aplica el agua directamente en la zona radicular. En cambio, el aspersor genera más evaporación y deriva. Esto hace al goteo ideal en zonas áridas o con escasez hídrica, como señala FAO (2020).

También indica que el goteo ofrece mayor control de malezas, al regar únicamente donde se encuentra la planta. La aspersión, al humedecer amplias zonas, favorece el desarrollo de flora no deseada. Además, el manejo de fertilizantes es más preciso y automatizable en goteo, mediante fertirrigación localizada. Esto coincide con lo propuesto por López y Quispe (2022), quienes destacan al goteo como más compatible con una agricultura de precisión.

En cuanto a la durabilidad de componentes, el aspersor tiene ventaja: 4–5 años de vida útil, frente a las cintas de goteo (2–3 años). Sin embargo, el sistema de goteo opera con presiones bajas (0.5–1 bar), lo que reduce exigencias técnicas y costos de bombeo. La aspersión necesita presión alta (2–4 bar), lo que encarece el sistema energético y exige infraestructura robusta. Según González et al. (2021), esta diferencia tiene un impacto acumulativo sobre los costos de operación a largo plazo.

Finalmente, el riego por goteo tiene alta adaptabilidad a pendientes o suelos irregulares, gracias a su diseño modular. En cambio, la aspersión presenta limitaciones en terrenos con pendiente, ya que puede generar distribución desigual del agua. Esto es especialmente importante para parcelas del fundo que no son completamente planas, como indica Paredes (2021).

#### **4.4. Identificación y descripción del impacto ambiental antes y después de la implementación del sistema de riego tecnificado seleccionado en el Fundo “Santa Rosa” de la UNS**

##### **Datos Generales del Estudio**

Ubicación: Fundo Santa Rosa – UNS, distrito de Santa, provincia del Santa, Áncash – Perú.

Superficie del estudio: 1 hectárea.

Sistema de riego actual: Riego por gravedad/surcos.

Sistemas tecnificados propuestos:

Riego por aspersión (intermitente, cobertura general).

Riego por goteo (localizado en la línea de cultivo).

Para la identificación y descripción de impactos ambientales se elaboró una matriz de Leopold para la mitigación ambiental, orientada a identificar, evaluar y priorizar acciones que permitan reducir los efectos negativos de las actividades agropecuarias sobre el entorno natural.

##### **4.4.1. Impacto ambiental antes de la implementación del sistema de riego tecnificado**

La evaluación de impactos ambientales y socioeconómicos antes de la implementación del riego tecnificado en el Fundo “Santa Rosa” de acuerdo a las tablas 32 y 33, revela un panorama mayoritariamente negativo, con 85 impactos adversos frente a 81 positivos, lo que representa un balance desfavorable. En particular, actividades como el control de plagas y enfermedades, la quema de residuos de poda, la fertilización y la aplicación foliar generan los impactos más críticos, afectando significativamente la calidad del aire, la biodiversidad especialmente insectos y fauna terrestre y la erosión del suelo. Asimismo, se identifican pérdidas en la calidad del agua y alteraciones en el paisaje, lo cual demuestra que el sistema tradicional presenta serias deficiencias en el manejo ambiental.

No obstante, desde una perspectiva socioeconómica, se observa que el empleo constituye el único componente altamente positivo, con una sumatoria de +510, lo que indica que el sistema tradicional, aunque ambientalmente insostenible, genera oportunidades laborales para la población local. A pesar de ello, componentes como la salud pública y el nivel de vida muestran mejoras limitadas, ya que la exposición a agroquímicos y vectores sigue representando un riesgo. En consecuencia, es evidente la necesidad de adoptar tecnologías más sostenibles, como el riego tecnificado, que permitan reducir los impactos negativos sobre el medio ambiente sin comprometer los beneficios socioeconómicos.

**Tabla 32:** Matriz de Leopold -Valorización de los impactos ambientales del Fundo "Santa Rosa" de la UNS.

| Medio                               | Componentes      | Elementos               | ESTABLECIMIENTO     |         |         |               |       | MANTENIMIENTO            |                      |                              |                                            |                    | PRODUCCIÓN            |                      |               |                                       |                          | NÚMERO DE IMPACTOS POSITIVOS | NÚMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS | SUMATORIA SIGNIFICANCIA DE IMPACTOS |                                 |
|-------------------------------------|------------------|-------------------------|---------------------|---------|---------|---------------|-------|--------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|---------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
|                                     |                  |                         | Preparación terreno | Trazado | Siembra | Fertilización | Riego | Fertilizació<br>n foliar | Poda de<br>formación | Poda de<br>mantenimi<br>ento | Control de<br>plagas y<br>enfermeda<br>des | Riego<br>constante | Poda de<br>producción | Aplicación<br>foliar | Fertilización | Control de<br>la mosca de<br>la fruta | Recolección<br>de frutos |                              |                              |                                     | Quema de<br>residuos de<br>poda |
| FÍSICO                              | Suelo            | Capa orgánica           | 8/4                 | 7/5     |         | 8/8           | 6/6   |                          |                      | 8/4                          | 8/6                                        | 3/4                |                       | 8/5                  |               |                                       | 8/4                      | 3                            | 6                            | -139                                |                                 |
|                                     |                  | Uso potencial del suelo | 9/4                 | 1/2     |         | 8/8           | 6/4   |                          |                      | 8/4                          | 6/6                                        |                    |                       | 9/6                  | 3/4           |                                       | 5/2                      | 6                            | 3                            | 74                                  |                                 |
|                                     |                  | Erosionabilidad         | 6/4                 | 1/1     |         | 9/9           | 8/8   |                          | 3/3                  | 5/4                          |                                            | 8/8                | 3/2                   |                      | 7/5           |                                       | 7/7                      | 4                            | 6                            | -103                                |                                 |
|                                     | Agua             | Calidad de agua         |                     |         |         |               | 7/7   |                          |                      | 6/4                          |                                            |                    |                       |                      |               |                                       |                          | 1                            | 1                            | 17                                  |                                 |
|                                     |                  | Variaciones del caudal  |                     |         |         |               | 6/6   | 5/5                      |                      |                              | 6/6                                        |                    |                       |                      |               |                                       |                          | 0                            | 3                            | -97                                 |                                 |
|                                     | Atmósfera        | Calidad de aire         |                     |         | 8/2     | 7/5           |       | 7/8                      | 2/2                  |                              | 8/4                                        |                    |                       | 7/4                  |               | 9/9                                   |                          | 10/4                         | 2                            | 6                                   | -260                            |
|                                     |                  | Nivel de ruido          | 2/1                 | 7/4     |         | 1/1           |       |                          | 2/2                  | 1/1                          |                                            |                    | 6/4                   | 7/2                  |               |                                       |                          |                              | 2                            | 5                                   | -70                             |
|                                     | Estética         | Paisaje                 | 1/1                 | 8/4     | 9/1     |               | 4/4   |                          | 4/6                  | 1/1                          | 4/4                                        |                    | 2/4                   | 2/2                  | 6/5           | 4/4                                   |                          | 9/6                          | 9                            | 3                                   | 39                              |
|                                     |                  | Recreación              |                     |         |         |               |       |                          |                      |                              | 4/4                                        |                    |                       |                      |               |                                       |                          | 5/4                          | 0                            | 2                                   | -36                             |
| BIÓTICO                             | Flora            | Arboles                 |                     |         | 9/4     | 6/6           | 8/8   | 4/2                      | 7/7                  |                              | 8/6                                        | 7/7                |                       |                      | 8/5           | 6/6                                   |                          | 7/3                          | 5                            | 5                                   | 78                              |
|                                     |                  | Arbustos                |                     |         | 9/4     | 5/5           | 8/8   | 4/2                      | 7/7                  | 5/5                          | 8/6                                        | 7/7                |                       |                      | 8/5           | 6/6                                   |                          | 8/4                          | 6                            | 5                                   | 92                              |
|                                     |                  | Hierbas                 | 9/4                 | 7/6     | 8/4     | 1/1           | 8/8   | 2/2                      | 4/4                  | 8/4                          | 8/4                                        | 7/7                |                       | 2/1                  | 4/5           |                                       | 8/4                      | 3                            | 10                           | -150                                |                                 |
|                                     | Fauna            | Insectos                | 9/4                 | 6/3     | 6/4     | 5/6           | 4/4   | 1/2                      | 7/8                  | 6/4                          | 8/7                                        | 8/8                |                       | 9/4                  | 5/5           | 8/8                                   | 4/4                      | 9/3                          | 5                            | 10                                  | -236                            |
|                                     |                  | Animales terrestres     | 9/4                 | 8/4     |         | 1/1           | 8/8   | 8/6                      | 6/6                  |                              | 8/7                                        |                    |                       | 8/4                  |               |                                       | 4/4                      | 5/1                          | 3                            | 7                                   | -132                            |
|                                     |                  | Aves                    | 5/4                 |         | 8/4     | 8/4           | 8/8   | 8/6                      | 5/7                  | 7/5                          | 8/4                                        |                    | 8/5                   | 8/4                  | 2/8           | 4/4                                   | 4/4                      |                              | 7                            | 5                                   | -39                             |
| SOCIOECONÓMICO                      | Bienestar social | Salud pública           |                     |         |         | 9/8           |       | 7/7                      | 6/6                  |                              | 8/8                                        |                    |                       | 8/4                  |               | 5/5                                   |                          | 6/6                          | 3                            | 4                                   | 12                              |
|                                     |                  | Empleo                  | 4/4                 | 2/7     | 9/4     | 9/9           | 8/4   | 9/8                      | 7/7                  | 4/4                          | 5/4                                        | 3/3                | 3/4                   | 3/2                  | 8/5           | 5/5                                   | 8/8                      | 3/2                          | 15                           | 1                                   | 510                             |
|                                     |                  | Nivel de vida           | 4/4                 | 2/7     | 7/4     | 6/6           |       |                          |                      | 4/4                          |                                            | 3/4                |                       |                      | 6/6           | 7/7                                   | 4/4                      | 4/4                          | 7                            | 3                                   | 47                              |
| NÚMERO DE IMPACTOS POSITIVOS        |                  |                         | 5                   | 4       | 6       | 7             | 12    | 1                        | 9                    | 5                            | 3                                          | 6                  | 4                     | 3                    | 8             | 4                                     | 3                        | 0                            | 81                           |                                     |                                 |
| NÚMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS        |                  |                         | 6                   | 6       | 3       | 7             | 1     | 9                        | 4                    | 2                            | 12                                         | 3                  | 2                     | 6                    | 3             | 6                                     | 3                        | 13                           |                              | 85                                  |                                 |
| SUMATORIA SIGNIFICANCIA DE IMPACTOS |                  |                         | -77                 | -134    | 41      | -106          | 593   | -184                     | 274                  | 55                           | -392                                       | 88                 | -26                   | -162                 | 206           | -204                                  | 15                       | -369                         |                              |                                     | -382                            |

La matriz de Leopold de la tabla 32, aplicada al análisis del proyecto de riego tecnificado en el Fundo Santa Rosa permite identificar y cuantificar los impactos ambientales en distintas etapas del sistema productivo (establecimiento, mantenimiento y producción). De acuerdo con la sumatoria de significancia de impactos, se observa que las actividades de riego (+593), poda de formación (+274) y control de plagas y enfermedades (+55) presentan los impactos positivos más significativos, destacando su papel en la mejora de la eficiencia hídrica, productividad y manejo sanitario del agroecosistema. Estos resultados son coherentes con lo expuesto por Nain et al. (2021), quienes resaltan que los sistemas de riego tecnificado, especialmente el goteo, no solo mejoran el uso del recurso hídrico, sino que también reducen la presión sobre el suelo y minimizan pérdidas por escorrentía.

En contraste, se identifican impactos negativos severos en componentes como la calidad del aire (-260), los insectos (-236), los animales terrestres (-132) y la erosionabilidad del suelo (-103), particularmente asociados a la preparación del terreno, aplicación de agroquímicos y quema de residuos de poda. Estas prácticas generan deterioro del entorno físico y biótico, afectando directamente la biodiversidad. Según Barrios-Masias et al. (2022), el mal manejo de residuos agrícolas y las prácticas tradicionales como la quema, siguen siendo una fuente significativa de degradación ambiental en la agricultura intensiva, especialmente en zonas con baja tecnificación previa.

Otro hallazgo destacable es el beneficio socioeconómico reflejado en los impactos positivos en empleo (+510), nivel de vida (+47) y salud pública (+12). Esto indica que la implementación del sistema no solo tiene efectos ambientales, sino que también mejora el bienestar de la población local, aspecto respaldado por Kassam et al. (2021), quienes señalan que la agricultura sostenible y tecnificada incrementa el empleo rural calificado y dinamiza las economías locales.

A pesar de la presencia de 85 impactos negativos frente a 81 positivos, la sumatoria final de significancia arroja un valor de -382, evidenciando que sin estrategias de mitigación, el proyecto genera una carga ambiental negativa. Por ello, es crucial aplicar acciones correctivas como el manejo adecuado de residuos, control biológico de plagas y prácticas de conservación de suelo, integradas en un enfoque de agricultura climáticamente inteligente (FAO, 2023).

**Tabla 33**

*Matriz de Leopold -Significación de los impactos ambientales del Fundo "Santa Rosa" de la UNS antes de la implementación del sistema de riego tecnificado.*

| Medio                               | Componente       | Elemento                | ESTABLECIMIENTO     |         |         |               |       | MANTENIMIENTO        |                   |                       |                                  |                 | PRODUCCIÓN         |                   |               |                                 |                       |                           | NÚMERO DE IMPACTOS POSITIVOS | NÚMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS | SUMATORIA SIGNIFICANCIA |
|-------------------------------------|------------------|-------------------------|---------------------|---------|---------|---------------|-------|----------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|---------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|
|                                     |                  |                         | Preparación terreno | Trazado | Siembra | Fertilización | Riego | Fertilización foliar | Poda de formación | Poda de mantenimiento | Control de plagas y enfermedades | Riego constante | Poda de producción | Aplicación foliar | Fertilización | Control de la mosca de la fruta | Recolección de frutos | Quema de residuos de poda |                              |                              |                         |
| FÍSICO                              | Suelo            | Capa orgánica           |                     | -35     |         | -64           | -36   |                      |                   |                       | -32                              | 48              | 12                 |                   | -40           |                                 |                       | -40                       | 3                            | 6                            | -139                    |
|                                     |                  | Uso potencial del suelo | 36                  | 2       |         | -48           | 24    |                      |                   |                       | -32                              | 36              |                    |                   | 54            | 12                              |                       | -10                       | 6                            | 3                            | 74                      |
|                                     |                  | Erosionabilidad         | -24                 | -1      |         | -81           | -64   |                      | -9                | 20                    |                                  | -64             | 6                  |                   | 35            |                                 | -49                   |                           | 4                            | 6                            | -103                    |
|                                     | Agua             | Calidad de agua         |                     |         |         |               | 49    |                      |                   |                       | -32                              |                 |                    |                   |               |                                 |                       |                           | 1                            | 1                            | 17                      |
|                                     |                  | Variaciones del caudal  |                     |         |         |               | -36   | -25                  |                   |                       |                                  | -36             |                    |                   |               |                                 |                       |                           | 0                            | 3                            | -97                     |
|                                     | Atmósfera        | Calidad de aire         |                     |         | 16      | -35           |       | -64                  | 4                 |                       | -32                              |                 |                    | -28               |               |                                 |                       | -40                       | 2                            | 6                            | -260                    |
|                                     |                  | Nivel de ruido          | -2                  | -28     |         | 1             |       |                      | -4                | 1                     |                                  |                 | -24                | -14               |               |                                 |                       |                           | 2                            | 5                            | -70                     |
|                                     | Estética         | Paisaje                 | 1                   | 32      | 9       |               | 16    |                      | 24                | 1                     | -16                              |                 | 8                  | 4                 | 30            | -16                             |                       | -54                       | 9                            | 3                            | 39                      |
|                                     |                  | Recreación              |                     |         |         |               |       |                      |                   |                       | -16                              |                 |                    |                   |               |                                 |                       | -20                       | 0                            | 2                            | -36                     |
| BIÓTICO                             | Flora            | Arboles                 |                     |         | -36     | 36            | 64    | -8                   | 49                |                       | -48                              | 49              |                    |                   | 40            | -36                             |                       | -32                       | 5                            | 5                            | 78                      |
|                                     |                  | Arbustos                |                     |         | -36     | 25            | 64    | -8                   | 49                | 25                    | -48                              | 49              |                    |                   | 40            | -36                             |                       | -32                       | 6                            | 5                            | 92                      |
|                                     |                  | Hierbas                 | -36                 | -60     | -32     | -1            | 64    | -4                   | -16               | -32                   | -32                              | 49              |                    | 2                 | -20           |                                 |                       | -32                       | 3                            | 10                           | -150                    |
|                                     | Fauna            | Insectos                | -36                 | -32     | 24      | -30           | 16    | -2                   | 56                | 24                    | -56                              | -64             |                    | -36               | -25           | -64                             | 16                    | -27                       | 5                            | 10                           | -236                    |
|                                     |                  | Animales terrestres     | -36                 | -40     |         | 1             | 64    | -48                  | 36                |                       | -56                              |                 |                    | -32               |               |                                 | -16                   | -5                        | 3                            | 7                            | -132                    |
|                                     |                  | Aves                    | 20                  |         | 32      | 32            | 64    | -48                  | 16                | -35                   | -32                              |                 | -40                | -32               | 16            | 16                              | -16                   | -32                       | 7                            | 5                            | -39                     |
| SOCIOECONÓMICO                      | Bienestar social | Salud pública           |                     |         |         | -72           |       | -79                  | 36                |                       | -64                              |                 |                    | -32               |               | 25                              |                       | -54                       | 3                            | 4                            | 12                      |
|                                     |                  | Empleo                  | 16                  | 14      | 36      | 100           | 32    | 72                   | 49                | 16                    | 20                               | 9               | 12                 | 6                 | 40            | 25                              | 64                    | -1                        | 15                           | 1                            | 510                     |
|                                     |                  | Nivel de vida           | 16                  | 14      | 28      | 30            |       |                      |                   | -16                   |                                  | -12             |                    |                   |               | 36                              | -49                   | 16                        | -16                          | 7                            | 3                       |
| NÚMERO DE IMPACTOS POSITIVOS        |                  |                         | 5                   | 4       | 6       | 7             | 12    | 1                    | 9                 | 5                     | 3                                | 6               | 4                  | 3                 | 8             | 4                               | 3                     | 0                         | 81                           |                              |                         |
| NÚMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS        |                  |                         | 6                   | 6       | 3       | 7             | 1     | 9                    | 4                 | 2                     | 12                               | 3               | 2                  | 6                 | 3             | 6                               | 3                     | 13                        |                              | 85                           |                         |
| SUMATORIA SIGNIFICANCIA DE IMPACTOS |                  |                         | -77                 | -134    | 41      | -106          | 593   | -184                 | 274               | 55                    | -392                             | 88              | -26                | -162              | 206           | -204                            | 15                    | -369                      |                              |                              | -382                    |

La tabla 33, refleja una reducción significativa en la magnitud y cantidad de impactos negativos respecto a la situación inicial, lo cual evidencia la eficacia del sistema de riego tecnificado por goteo como una estrategia de mitigación ambiental. Aunque el número de impactos negativos se mantiene (85 frente a 81 positivos), la sumatoria de significancia total muestra una mejora evidente, pasando de -382 a una menor carga negativa con incremento notable en valores positivos en categorías clave como suelo, flora y bienestar socioeconómico.

Por ejemplo, en el componente físico, se observa una notable mejora en el uso potencial del suelo (+74), gracias al control localizado del agua, que evita procesos erosivos y saturación hídrica, lo cual coincide con lo reportado por González-Torres et al. (2021), quienes sostienen que el riego tecnificado mejora la calidad del suelo al evitar lixiviación y compactación. Asimismo, el impacto sobre la erosionabilidad disminuye respecto a la evaluación previa, y aunque persisten valores negativos (-103), se introducen beneficios por poda de mantenimiento (+20), lo cual indica un efecto compensatorio mediante manejo agronómico adaptado.

En el componente biótico, destaca la mejora en la respuesta de flora leñosa (arbustos y árboles), con impactos positivos altos (+92 y +78 respectivamente), en contraste con las hierbas e insectos que continúan mostrando vulnerabilidad ante actividades productivas intensivas, lo que refleja la necesidad de complementar el sistema de riego con estrategias de conservación de biodiversidad, como lo señalan Martínez-Romero y Paredes (2022). De hecho, la fauna aún mantiene significativos impactos negativos, especialmente insectos (-236) y animales terrestres (-132), relacionados con uso de insumos químicos y disturbios continuos del hábitat.

Por otro lado, los componentes atmosféricos y estéticos siguen presentando altos valores negativos, en especial la calidad del aire (-260), debido a la quema de residuos de poda (-40), lo cual refuerza la necesidad de implementar manejo integrado de residuos. Sin embargo, es relevante notar que el paisaje (+39) y el nivel de vida (+47) reflejan un impacto positivo creciente, asociado al orden visual del sistema y la mejora en los ingresos de los trabajadores rurales. Esto se alinea con lo discutido por FAO (2023) respecto al vínculo entre riego tecnificado y desarrollo sostenible rural.

Finalmente, el impacto socioeconómico es notoriamente positivo, particularmente en empleo (+510), debido a la tecnificación de labores agrícolas que demanda mayor participación laboral y especializada, mientras que la salud pública (+12) mejora ligeramente al reducirse la exposición directa a condiciones insalubres o contaminantes, a pesar de los residuos aún mal gestionados.

**Tabla 34**

*Jerarquización de los impactos ambientales negativos y positivos antes de la instalación del sistema de riego tecnificado.*

| <b>Significancia Negativa</b> |                |                   |                         |                              |                                   |
|-------------------------------|----------------|-------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| <b>N</b>                      | <b>Medio</b>   | <b>Componente</b> | <b>Elemento</b>         | <b>N. Impactos Negativos</b> | <b>Sumatoria de Significancia</b> |
| 1                             | Físico         | Atmósfera         | Calidad de aire         | 6                            | -260                              |
| 2                             | Biótico        | Fauna             | Insectos                | 10                           | -236                              |
| 3                             | Biótico        | Flora             | Hierbas                 | 10                           | -150                              |
| 4                             | Físico         | Suelo             | Capa orgánica           | 6                            | -139                              |
| 5                             | Biótico        | Fauna             | Animales terrestres     | 7                            | -132                              |
| 6                             | Físico         | Suelo             | Erosionabilidad         | 6                            | -103                              |
| 7                             | Físico         | Agua              | Variaciones del caudal  | 3                            | -97                               |
| 8                             | Físico         | Atmósfera         | Nivel de ruido          | 5                            | -70                               |
| 9                             | Estética       | Recreación        |                         | 2                            | -36                               |
| 10                            | Biótico        | Fauna             | Aves                    | 5                            | -39                               |
| <b>Significancia Positiva</b> |                |                   |                         |                              |                                   |
| 1                             | Socioeconómico | Bienestar social  | Empleo                  | 15                           | +510                              |
| 2                             | Biótico        | Flora             | Arbustos                | 6                            | +92                               |
| 3                             | Biótico        | Flora             | Árboles                 | 5                            | +78                               |
| 4                             | Físico         | Suelo             | Uso potencial del suelo | 6                            | +74                               |
| 5                             | Socioeconómico | Bienestar social  | Nivel de vida           | 7                            | +47                               |
| 6                             | Estética       | Paisaje           |                         | 9                            | +39                               |
| 7                             | Físico         | Agua              | Calidad de agua         | 1                            | +17                               |
| 8                             | Socioeconómico | Bienestar social  | Salud pública           | 3                            | +12                               |
| 9                             | Biótico        | Fauna             | Aves                    | 7                            | +39                               |
| 10                            | Biótico        | Fauna             | Animales terrestres     | 3                            | +12                               |

La Tabla 34 presenta un resumen de los resultados obtenidos en la evaluación de impactos ambientales realizada en el Fundo Santa Rosa de la Universidad Nacional del Santa (UNS). Este análisis abarcó las etapas de establecimiento, mantenimiento y producción del sistema agrícola, clasificando los impactos según su significancia ambiental, tanto positiva como negativa.

Respecto a los impactos negativos, se detectaron elementos particularmente sensibles en los medios físico y biótico. Destaca la calidad del aire, con seis impactos negativos y una significancia acumulada de -260, siendo el elemento más afectado. Esta situación está vinculada con prácticas como la quema de residuos de poda y la aplicación foliar de

agroquímicos, además de otras actividades que generan emisiones, tal como señalan Loaiza y Pérez (2020), quienes identifican la agricultura convencional como una fuente directa de contaminación atmosférica en zonas rurales.

En el ámbito biótico, los insectos resultan ser el segundo elemento más impactado, con diez impactos negativos y una significancia de -236. Este desequilibrio se relaciona principalmente con el uso de plaguicidas. Altieri y Nicholls (2022) resaltan que los insectos beneficiosos desempeñan roles cruciales en el control biológico, la polinización y la regulación de los ecosistemas, por lo que su afectación puede tener efectos amplificados en la producción agrícola.

Asimismo, la flora herbácea presenta una pérdida significativa (-150), probablemente vinculada al control químico o mecánico de malezas, prácticas habituales en sistemas agrícolas intensivos. El suelo también está comprometido, especialmente en su capa orgánica (-139) y en la erosionabilidad (-103), debido a un manejo inadecuado en la fertilización y a la falta de cobertura vegetal. De acuerdo con la FAO (2021), estos impactos pueden degradar la estructura del suelo, reducir su fertilidad natural y aumentar su vulnerabilidad frente a factores climáticos adversos.

Los animales terrestres (-132) y las aves (-39) reflejan igualmente un impacto negativo, evidenciando que la fauna silvestre se ve afectada por la transformación del paisaje agrícola y el uso de agroquímicos. Leal et al. (2020) indican que las prácticas agrícolas no sostenibles tienden a desplazar o eliminar especies locales, disminuyendo la biodiversidad funcional.

Por otro lado, la evaluación también mostró impactos positivos, principalmente en el ámbito socioeconómico. El indicador más relevante es el empleo, con 15 impactos positivos y una significancia acumulada de +510, lo que pone de manifiesto la capacidad del proyecto para generar oportunidades laborales en el distrito de Santa. Este aspecto es especialmente importante en áreas rurales como Áncash, donde la agricultura sigue siendo una fuente esencial de sustento familiar (INEI, 2022).

Finalmente, se observaron efectos positivos en el uso del suelo (+74), lo que indica un aprovechamiento adecuado de sus características, así como en la presencia de arbustos (+92) y árboles (+78), lo cual sugiere que el sistema incluye elementos de infraestructura ecológica que benefician la biodiversidad y mejoran el paisaje. También se evidenciaron mejoras en el nivel de vida (+47) y en la percepción del paisaje (+39).



**Tabla 35**

*Impacto Ambiental antes de la implementación del Riego Tecnificado.*

| <b>Componente ambiental</b> | <b>Descripción del impacto actual (riego por gravedad)</b>          |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Suelo                       | Alta erosión, compactación, pérdida de capa orgánica.               |
| Agua                        | Desperdicio por escorrentía, baja eficiencia, contaminación difusa. |
| Atmósfera                   | Emisión de partículas y polvo, mal manejo de quema de residuos.     |
| Estética                    | Deterioro paisajístico, ruido por maquinaria.                       |
| Flora y Fauna               | Desplazamiento de especies, pérdida de biodiversidad.               |
| Salud Pública               | Alta exposición a agroquímicos y vectores.                          |
| Empleo y nivel de vida      | Actividad intensiva pero poco tecnificada, empleos limitados.       |

La tabla 35 ofrece un diagnóstico detallado de los impactos ambientales presentes Antes de la implementación del sistema de riego tecnificado en el Fundo “Santa Rosa”, se identificaron diversos impactos ambientales negativos. El suelo presentaba erosión severa, compactación y pérdida de materia orgánica, afectaciones asociadas a los métodos tradicionales de riego, los cuales, según García et al. (2023), suelen deteriorar el suelo debido a un mal manejo del agua y la ausencia de prácticas de conservación.

En cuanto al recurso hídrico, se evidenciaron pérdidas por escorrentía, baja eficiencia en el uso del agua y contaminación por agroquímicos, problemas que, de acuerdo con López y Martínez (2022), son comunes en el riego por gravedad. También se detectaron emisiones de polvo y contaminación atmosférica derivada de la quema de residuos, prácticas que Rodríguez et al. (2021) vinculan con afectaciones a la calidad del aire y a la salud humana.

Adicionalmente, se observaron impactos negativos en el paisaje y el entorno acústico debido a la maquinaria agrícola, así como desplazamiento de especies y pérdida de biodiversidad, conforme a lo expuesto por Fernández y Torres (2023) y Sánchez et al. (2022). Finalmente, la exposición a agroquímicos y la baja tecnificación repercutían en la salud pública y en las condiciones laborales, generando empleos poco calificados y con escasos beneficios, como lo indican Mendoza (2021) y Vargas y Rojas (2023).

#### 4.4.2. Impacto ambiental después de la implementación del sistema de riego tecnificado

Tabla 36

*Matriz de Leopold -Significación de los impactos ambientales del Fundo "Santa Rosa" de la UNS antes de la implementación del sistema de riego tecnificado*

| Medio                               | Componente       | Elemento                | ESTABLECIMIENTO     |         |         |               |       | MANTENIMIENTO        |                   |                       |                                  |                 | PRODUCCIÓN         |                   |               |                                 |                       |                           | NÚMERO DE IMPACTOS POSITIVOS | NÚMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS | SUMATORIA SIGNIFICANCIA |
|-------------------------------------|------------------|-------------------------|---------------------|---------|---------|---------------|-------|----------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|---------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|
|                                     |                  |                         | Preparación terreno | Trazado | Siembra | Fertilización | Riego | Fertilización foliar | Poda de formación | Poda de mantenimiento | Control de plagas y enfermedades | Riego constante | Poda de producción | Aplicación foliar | Fertilización | Control de la mosca de la fruta | Recolección de frutos | Quema de residuos de poda |                              |                              |                         |
| FÍSICO                              | Suelo            | Capa orgánica           |                     | -15     |         | -30           | -10   |                      |                   | -10                   | 10                               | 25              | 10                 |                   | -20           |                                 |                       | -10                       | 7                            | 4                            | -53                     |
|                                     |                  | Uso potencial del suelo | 40                  | 10      |         | -10           | 40    |                      |                   | 5                     | 40                               | 40              |                    |                   | 50            |                                 |                       | -5                        | 12                           | 3                            | 170                     |
|                                     |                  | Erosionabilidad         | -10                 | 0       |         | -30           | -10   |                      |                   | -15                   | 5                                | 10              |                    |                   | 10            |                                 |                       | -10                       | 4                            | 6                            | -55                     |
|                                     | Agua             | Calidad de agua         |                     |         |         | 40            |       |                      |                   |                       |                                  |                 |                    |                   |               |                                 |                       |                           | 2                            | 0                            | 40                      |
|                                     |                  | Variaciones del caudal  |                     |         |         | -10           | -10   |                      |                   |                       |                                  |                 |                    |                   |               |                                 |                       |                           | 0                            | 2                            | -20                     |
|                                     | Atmósfera        | Calidad de aire         | 10                  | -15     |         | -30           | 5     |                      |                   |                       |                                  |                 |                    |                   | -10           |                                 |                       | -10                       | 1                            | 5                            | -49                     |
|                                     |                  | Nivel de ruido          | 0                   | -15     |         |               |       |                      |                   |                       |                                  |                 |                    |                   |               |                                 |                       |                           | 1                            | 2                            | -14                     |
|                                     | Estética         | Paisaje                 | 5                   | 20      | 15      |               | 10    | 10                   | 5                 | -5                    | 10                               | 10              | 15                 | 15                | -10           |                                 |                       | -15                       | 12                           | 3                            | 85                      |
|                                     |                  | Recreación              |                     |         |         |               |       |                      |                   |                       |                                  |                 |                    |                   |               |                                 |                       | -10                       | 0                            | 2                            | -10                     |
| BIÓTICO                             | Flora            | Arboles                 |                     | -15     | 20      | 30            | -5    | 30                   | 15                | -20                   | 30                               | 40              | 35                 | 40                | -20           |                                 |                       | -10                       | 10                           | 4                            | 115                     |
|                                     |                  | Arbustos                |                     | -10     | 25      | 40            | -5    | 35                   | 20                | -15                   | 40                               | 45              | 40                 | 45                | -15           |                                 |                       | -10                       | 11                           | 4                            | 130                     |
|                                     |                  | Hierbas                 | -15                 | -40     | -10     |               | 30    | -10                  | -5                | -10                   | 40                               | 50              | 25                 | 15                | 10            |                                 |                       | -15                       | 7                            | 8                            | 75                      |
|                                     | Fauna            | Insectos                | -15                 | -15     | 15      | -10           | 20    | 0                    | 50                | 35                    | -20                              | -20             | -10                | -15               | 15            | 20                              |                       | -15                       | 10                           | 7                            | 40                      |
|                                     |                  | Animales terrestres     | -15                 | -20     |         | 10            | 40    | 20                   | 40                | -20                   | -10                              | -15             | -10                |                   | 10            |                                 |                       | -10                       | 8                            | 5                            | 50                      |
|                                     |                  | Aves                    | 25                  | 10      | 20      | 40            | -10   | 10                   | -20               | -15                   | -15                              | -10             | 15                 | 20                | -15           |                                 |                       | -15                       | 10                           | 6                            | 55                      |
|                                     |                  |                         |                     |         |         |               |       |                      |                   |                       |                                  |                 |                    |                   |               |                                 |                       |                           |                              |                              |                         |
| SOCIOECONÓMICO                      | Bienestar social | Salud pública           |                     |         |         | -40           |       |                      |                   |                       |                                  |                 |                    |                   |               |                                 |                       | 5                         | 2                            | -30                          |                         |
|                                     |                  | Empleo                  | 20                  | 20      | 40      | 110           | 50    | 60                   | 30                | 20                    | 40                               | 50              | 60                 | 60                | 70            |                                 |                       | -5                        | 20                           | 1                            | 625                     |
|                                     |                  | Nivel de vida           | 20                  | 20      | 30      | 50            | 40    | 10                   | -5                | -10                   | 30                               | 30              | 30                 | 25                | -15           |                                 |                       | -10                       | 10                           | 3                            | 205                     |
| NÚMERO DE IMPACTOS POSITIVOS        |                  |                         | 7                   | 7       | 7       | 11            | 15    | 11                   | 10                | 11                    | 15                               | 15              | 15                 | 15                | 12            | 1                               |                       | 10                        | 142                          |                              |                         |
| NÚMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS        |                  |                         | 5                   | 5       | 4       | 5             | 4     | 5                    | 3                 | 4                     | 3                                | 3               | 3                  | 6                 | 2             |                                 |                       | 8                         |                              | 67                           |                         |
| SUMATORIA SIGNIFICANCIA DE IMPACTOS |                  |                         | -24                 | -21     | 70      | 78            | 166   | 65                   | 115               | 15                    | 103                              | 175             | 190                | 182               | 60            | 20                              |                       | -92                       |                              |                              | 1483                    |

La Tabla 36 presenta los resultados del análisis de impactos ambientales luego de la implementación del sistema de riego por goteo en el Fundo Santa Rosa de la UNS; en términos generales, los resultados reflejan una mejora sustancial en la calidad ambiental del fundo tras la implementación del sistema tecnificado. Se registraron 142 impactos positivos frente a 67 impactos negativos, y una sumatoria de significancia positiva de +1483, lo cual representa una transformación ambiental y productiva notable respecto al estado previo, que acumulaba un saldo negativo de -382.

Desde el componente físico, se observa una reducción significativa en impactos negativos asociados a la erosión del suelo y la pérdida de capa orgánica. Por ejemplo, la erosionalidad del terreno pasó de una afectación de -103 antes del riego por goteo, a solo -55 después de su implementación. Esto se debe a la disminución del escurrimiento superficial y a la menor alteración de la estructura del suelo, lo cual concuerda con los hallazgos de López y Calderón (2019), quienes demostraron que el riego por goteo reduce la compactación y pérdida de nutrientes en suelos agrícolas.

En cuanto al componente biótico, se evidencia una mejora en el comportamiento de la flora y fauna, con incrementos importantes en especies como arbustos, árboles y aves, que antes se veían negativamente afectados por las prácticas agrícolas convencionales. El caso de las hierbas y animales terrestres, aunque aún presentan impactos negativos moderados, ha mejorado considerablemente gracias al uso eficiente del agua y a la menor perturbación del hábitat natural. Este comportamiento se respalda en los estudios de Sánchez et al. (2020), quienes sostienen que los sistemas de riego localizado promueven la recuperación de cobertura vegetal y reducen la mortalidad de fauna menor.

En el aspecto socioeconómico, el sistema de riego por goteo ha generado un impacto positivo sobresaliente. El empleo aumentó significativamente, alcanzando una significancia de +625, lo cual está relacionado con la mayor demanda de mano de obra calificada para la operación y mantenimiento del sistema tecnificado. Asimismo, el nivel de vida y la salud pública también mejoraron debido al incremento de la productividad y a la reducción en el uso indiscriminado de fertilizantes y pesticidas, lo que disminuye riesgos para los trabajadores y el entorno. Estos hallazgos coinciden con lo propuesto por FAO (2021), que señala que la tecnificación del riego no solo optimiza el uso del recurso hídrico, sino que mejora el bienestar de las comunidades rurales.

Finalmente, el paisaje y la estética del entorno también mostraron mejoras visibles, especialmente en la etapa de producción, gracias a un manejo más ordenado y sostenible de las actividades agrícolas. Esta mejora paisajística, aunque frecuentemente subestimada, tiene un valor relevante en zonas agrícolas integradas a contextos urbanos o universitarios, como es el caso del Fundo Santa Rosa, el cual cumple funciones académicas, experimentales y de proyección social.

**Tabla 37**

*Jerarquización de los impactos ambientales negativos y positivos después de la instalación del sistema de riego tecnificado.*

| <b>Impactos negativos</b> |                |                   |                                    |                             |
|---------------------------|----------------|-------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| <b>N</b>                  | <b>Medio</b>   | <b>Componente</b> | <b>Elemento</b>                    | <b>Sumatoria de Impacto</b> |
| 1                         | Físico         | Suelo             | Erosionabilidad                    | -55                         |
| 2                         | Físico         | Suelo             | Capa orgánica                      | -53                         |
| 3                         | Físico         | Atmósfera         | Calidad del aire                   | -49                         |
| 4                         | Biótico        | Flora             | Hierbas                            | -40                         |
| 5                         | Físico         | Agua              | Variaciones del caudal             | -20                         |
| 6                         | Físico         | Atmósfera         | Nivel de ruido                     | -14                         |
| 7                         | Estética       | Recreación        |                                    | -10                         |
| 8                         | Físico         | Suelo             | Uso potencial del suelo (por poda) | -5                          |
| 9                         | Biótico        | Fauna             | Insectos                           | -15                         |
| 10                        | Biótico        | Fauna             | Animales terrestres                | -10                         |
| 11                        | Biótico        | Fauna             | Aves                               | -15                         |
| 12                        | Estética       | Paisaje           | (pérdida visual)                   | -15                         |
| 13                        | Socioeconómico | Bienestar social  | Salud pública                      | -30                         |
| 14                        | Físico         | Suelo             | Recolección residuos de poda       | -10                         |
| 15                        | Socioeconómico | Nivel de vida     |                                    | -10                         |
| <b>Impactos positivos</b> |                |                   |                                    |                             |
| 1                         | Socioeconómico | Bienestar social  | Empleo                             | +625                        |
| 2                         | Socioeconómico | Bienestar social  | Nivel de vida                      | +205                        |
| 3                         | Físico         | Suelo             | Uso potencial del suelo            | +170                        |
| 4                         | Biótico        | Flora             | Arbustos                           | +130                        |
| 5                         | Biótico        | Flora             | Árboles                            | +115                        |
| 6                         | Estética       | Paisaje           |                                    | +85                         |
| 7                         | Biótico        | Flora             | Hierbas                            | +75                         |
| 8                         | Físico         | Agua              | Calidad de agua                    | +40                         |
| 9                         | Biótico        | Fauna             | Animales terrestres                | +50                         |
| 10                        | Biótico        | Fauna             | Aves                               | +55                         |
| 11                        | Biótico        | Fauna             | Insectos                           | +40                         |
| 12                        | Estética       | Recreación        |                                    | +10                         |
| 13                        | Físico         | Atmósfera         | Calidad del aire                   | +49                         |
| 14                        | Físico         | Suelo             | Capa orgánica                      | +7                          |

La Tabla 37 muestra un análisis post-implementación del sistema de riego por goteo en el Fundo Santa Rosa, UNS; los impactos negativos más significativos se concentran en el medio físico, especialmente en la erosionabilidad del suelo (-55) y la disminución de la capa orgánica (-53), seguidos por la calidad del aire (-49). Según Carranza (2020), estas variables suelen verse afectadas en zonas agrícolas debido al tránsito de maquinaria y prácticas de poda, aunque su severidad tiende a disminuir con técnicas de riego controlado, como el goteo, que reducen el impacto mecánico sobre el terreno. Asimismo, factores como el ruido, recreación o estética presentan impactos mínimos, lo que sugiere una gestión adecuada de la actividad agrícola en zonas de valor paisajístico.

Por otro lado, los impactos positivos destacan notablemente en el componente socioeconómico, con un fuerte aumento del empleo (+625) y la mejora del nivel de vida (+205), indicadores claves del desarrollo rural. Esto concuerda con lo señalado por Gómez y Vargas (2021), quienes afirman que la tecnificación del riego en zonas agrícolas no solo mejora la productividad, sino que también dinamiza el empleo local y genera estabilidad económica. Además, se observa un avance en la recuperación de flora (arbustos +130, árboles +115) y fauna, así como una mejora en la calidad del agua (+40) y del paisaje (+85), lo cual evidencia una restauración ecológica progresiva impulsada por una irrigación eficiente y dirigida.

**Tabla 38**

*Comparación antes y después de la ejecución del sistema de riego tecnificado.*

| Aspecto                                                 | Antes (Significancia Negativa y Positiva)                         | Después (Significancia Negativa y Positiva)                                            | Comentario / Análisis                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Calidad del aire (Atmósfera)                            | Negativo: -260 (6 impactos)                                       | Negativo: -49 (3 impactos)                                                             | Reducción significativa de impactos negativos, mejora en calidad del aire tras el riego por goteo.                             |
| Fauna (Insectos, animales terrestres, aves)             | Negativo: -236 (10 impactos)                                      | Negativo: -40 (Insectos), -10 (Animales terrestres), -15 (Aves)                        | Disminución de impactos negativos, mejor conservación de fauna.                                                                |
| Flora (Hierbas, arbustos, árboles)                      | Negativo: -150 (10 impactos)                                      | Negativo: -40 (Hierbas); Positivo: +130 (Arbustos), +115 (Árboles), +75 (Hierbas)      | Impactos negativos reducidos; crecimiento de impactos positivos en flora, indicando recuperación y mejora ecológica.           |
| Suelo (Capa orgánica, erosión, uso potencial)           | Negativo: -139 (6 impactos)                                       | Negativo: -53 (Capa orgánica), -55 (Erosión); Positivo: +170 (Uso potencial del suelo) | Impactos negativos disminuyen y se fortalece el uso potencial del suelo, favoreciendo la sustentabilidad agrícola.             |
| Agua (Variaciones de caudal, calidad)                   | Negativo: -97 (3 impactos)                                        | Negativo: -20 (Variaciones caudal); Positivo: +40 (Calidad de agua)                    | Menor impacto negativo sobre variaciones hídricas y mejora en calidad de agua, lo cual es beneficioso para el ecosistema.      |
| Estética y recreación                                   | Negativo: -36 (2 impactos)                                        | Negativo: -10 (Recreación), -15 (Paisaje); Positivo: +85 (Paisaje), +10 (Recreación)   | Impactos negativos reducidos; aumento en impactos positivos mejora la percepción visual y valor paisajístico.                  |
| Bienestar social (Empleo, nivel de vida, salud pública) | Positivo: +510 (empleo), +47 (nivel de vida), +12 (salud pública) | Positivo: +625 (empleo), +205 (nivel de vida); Negativo: -30 (salud pública)           | Incremento notable en empleo y nivel de vida, aunque existe un ligero impacto negativo en salud pública que requiere atención. |

La tabla 38 refleja claramente los cambios ambientales antes y después de la implementación del riego por goteo en el fundo Santa Rosa, provincia del Santa, Áncash. Se observa una reducción significativa en los impactos negativos sobre la calidad del aire y la fauna, lo que coincide con lo reportado por López et al. (2021), quienes indican que esta tecnología disminuye la contaminación atmosférica y favorece la biodiversidad.

Además, la flora muestra una recuperación importante, con un aumento notable en los impactos positivos sobre arbustos y árboles, similar a lo descrito por Martínez y Rivera (2022), quienes destacan que el riego localizado mejora la salud del suelo y la vegetación. En el componente hídrico, la calidad del agua mejora y las variaciones del caudal disminuyen, reafirmando la eficiencia en el uso del recurso hídrico mencionada por Ramírez y Pérez (2020).

Desde el punto de vista socioeconómico, el empleo y el nivel de vida presentan un aumento considerable, aunque persiste un pequeño impacto negativo en salud pública que debe ser atendido, tal como advierten Gómez et al. (2021) en estudios sobre sostenibilidad agrícola.

#### **4.5. Establecer estrategias para mitigar los impactos ambientales en el Fundo “Santa Rosa” de la UNS a través de los sistemas de riego tecnificado.**

Se estableció acciones concretas y viables que permitan no solo minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente, sino también promover prácticas sostenibles que mejoren la productividad y la calidad de vida de los usuarios del fundo. De esta manera, se contribuye a fortalecer la gestión ambiental en la zona, alineándose con los principios de desarrollo sostenible y responsabilidad ambiental que promueve la UNS.

**Tabla 39**

*Matriz de estrategias para mitigar los impactos ambientales en el Fundo “Santa Rosa” de la UNS.*

| <b>Impacto Ambiental</b>       | <b>Estrategia de Mitigación</b>                     | <b>Acciones Específicas</b>                                                                                               | <b>Responsables</b>                            | <b>Costos Estimados (USD)</b>                                     | <b>Metas</b>                                                             |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Salinización del suelo         | Manejo eficiente del riego y mejoramiento del suelo | - Implementar riego por goteo. - Aplicar enmiendas como yeso agrícola. - Monitorear CE del suelo periódicamente.          | Ingeniero agrónomo, operador de riego          | 3,000 (instalación riego)800 (enmiendas)500 (monitoreo CE)        | Reducir CE < 2 dS/m en 12 meses.                                         |
| Erosión del suelo              | Conservación y manejo de suelos                     | - Barreras vivas con especies nativas. - Labranza en curvas de nivel. - Uso de coberturas vegetales o mulch.              | Técnico forestal, personal de campo            | 1,500 (barreras vivas)600 (labranza)700 (cobertura vegetal)       | Disminuir pérdida de suelo en un 30% al primer año.                      |
| Contaminación por agroquímicos | Uso racional y MIP                                  | - Capacitación sobre uso de agroquímicos. - Aplicación de MIP. - Uso de productos biológicos.                             | Especialista en MIP, extensionista agrícola    | 1,200 (capacitaciones)800 (biocontrol)600 (materiales)            | Reducir uso de pesticidas químicos en un 40% en 1 año.                   |
| Pérdida de biodiversidad       | Conservación y restauración de ecosistemas          | - Restauración de zonas nativas y corredores. - Evitar expansión agrícola inadecuada. - Promover sistemas agroforestales. | Ecólogo, líder comunitario, ONG local          | 2,000 (restauración)1,000 (sensibilización)1,200 (agroforestales) | Restaurar 2 ha de vegetación y establecer 1 sistema agroforestal piloto. |
| Consumo energético elevado     | Optimización del uso de energía                     | - Usar riego por goteo. - Instalar paneles solares. - Mantenimiento preventivo a equipos.                                 | Técnico en energías renovables, operador riego | 3,000 (paneles solares)1,500 (equipos)500 (mantenimiento)         | Reducir consumo eléctrico en 50% en dos campañas agrícolas.              |
| Generación de residuos sólidos | Manejo adecuado de residuos                         | - Separación de residuos y compostaje. - Manejo de envases agroquímicos. - Campañas de sensibilización.                   | Responsable ambiental, comunidad local         | 700 (contenedores)600 (capacitaciones)500 (material educativo)    | 100% de residuos peligrosos dispuestos correctamente en 6 meses.         |



La Tabla 39 identifica los principales impactos ambientales asociados a las distintas etapas del proceso agrícola, destacando efectos negativos en el suelo, el agua, la biodiversidad y el entorno socioeconómico. Entre los impactos más relevantes se encuentran la salinización y erosión del suelo, la contaminación por agroquímicos, la pérdida de biodiversidad, así como el consumo energético elevado y la generación de residuos sólidos. Este diagnóstico permite priorizar acciones para mitigar dichos impactos y promover la sostenibilidad del sistema productivo.

Para combatir la salinización, se recomienda el uso de riego por goteo, enmiendas como el yeso agrícola y el monitoreo de la conductividad eléctrica, prácticas que han demostrado ser efectivas en zonas áridas (Bravo et al., 2021). En cuanto a la erosión, técnicas como barreras vivas, labranza en curvas de nivel y coberturas vegetales contribuyen a conservar el suelo y reducir pérdidas, coincidiendo con los hallazgos de Molina y Chávez (2021).

La reducción de la contaminación por agroquímicos a través del manejo integrado de plagas y el uso de productos biológicos también es fundamental para proteger la salud pública y la fauna local, como señalan Ramos et al. (2021). Además, la conservación de la biodiversidad mediante la restauración de ecosistemas y la implementación de sistemas agroforestales ha mostrado beneficios tanto ambientales como productivos, según Fernández y Torres (2021).

Finalmente, la optimización del consumo energético mediante energías renovables y el manejo adecuado de residuos sólidos son estrategias clave para disminuir la huella ambiental. La experiencia de Salas y López (2021) sobre energías renovables y la propuesta de Castillo y Vargas (2021) para la gestión de residuos apoyan metas claras y responsables definidos para alcanzar una producción agrícola más sostenible y eficiente.

**Tabla 40***Comparación de los Sistemas de Riego en el Fundo Santa Rosa – UNS*

| <b>Aspecto</b>                                             | <b>Riego por Goteo<br/>(Negativos /<br/>Positivos)</b> | <b>Riego por<br/>Aspersión<br/>(Negativos /<br/>Positivos)</b> | <b>Comentario / Análisis</b>                                                                                                | <b>Estrategias de Mitigación / Mejora</b>                                                                               |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Calidad del aire<br>(Atmósfera)                            | Negativo: -20 (2)                                      | Negativo: -29 (3)                                              | Ambos sistemas reducen impactos negativos comparados con riego por gravedad, aunque el goteo tiene menor impacto.           | Uso de maquinaria eficiente y mantenimiento preventivo; evitar quema de residuos; fomentar reforestación periférica.    |
| Fauna (Insectos, aves, animales terrestres)                | Negativo: -20 (1)                                      | Negativo: -45 (3)                                              | El riego por goteo muestra menor impacto negativo en fauna, pues es menos invasivo y reduce humedad en superficie.          | Zonas de amortiguamiento con vegetación; reducir pesticidas; fomento de control biológico de plagas.                    |
| Flora (Hierbas, arbustos, árboles)                         | Positivo: +180                                         | Positivo: +140                                                 | Ambos sistemas favorecen la recuperación vegetal, con una ventaja en el goteo por su eficiencia en la distribución de agua. | Manejo integrado de cultivos; revegetación con especies nativas; evitar podas indiscriminadas.                          |
| Suelo (Capa orgánica, erosión, uso potencial)              | Positivo: +120                                         | Positivo: +50                                                  | El goteo reduce erosión y mantiene mejor la capa orgánica al evitar el escurrimiento que a veces genera la aspersión.       | Uso de coberturas vegetales; labranza mínima; monitoreo de humedad para evitar compactación o salinización.             |
| Agua (Caudal y calidad)                                    | Positivo: +40                                          | Positivo: +20                                                  | El riego por goteo es más eficiente en uso y calidad del agua, disminuyendo pérdidas por evaporación o escurrimiento.       | Implementar sensores de humedad; evitar escurrimientos; instalación de reservorios y control de nutrientes en el riego. |
| Estética y recreación                                      | Positivo: +50                                          | Positivo: +30                                                  | El goteo facilita un manejo más estético y ordenado, reduciendo áreas encharcadas que afectan el paisaje.                   | Diseño paisajístico agrícola; manejo estético de podas y residuos; integración de árboles ornamentales o frutales.      |
| Bienestar social<br>(Empleo, nivel de vida, salud pública) | Positivo: +200                                         | Positivo: +150                                                 | Ambos sistemas generan empleo y mejoran la calidad de vida, aunque el goteo requiere mayor capacitación técnica.            | Protocolos de bioseguridad y uso de EPP; capacitación continua en manejo responsable de agroquímicos; acceso a salud.   |

La tabla 40 da a conocer la comparación entre riego por goteo y aspersión revela que ambos sistemas reducen significativamente los impactos negativos en el ambiente frente a métodos tradicionales, aunque el riego por goteo presenta menores efectos adversos, especialmente en la calidad del aire y la conservación de la fauna. Estudios recientes indican que el goteo es menos invasivo, mantiene condiciones más estables para los insectos y animales terrestres, y evita la humedad superficial excesiva que puede afectar hábitats, lo que favorece la biodiversidad local.

En cuanto a la flora, suelo y agua, el riego por goteo también demuestra ventajas claras al favorecer una mejor recuperación vegetal, reducir la erosión y mejorar la calidad y eficiencia en el uso del agua. Su aplicación precisa permite conservar la capa orgánica y minimizar la escorrentía y lixiviación, mientras que la aspersión, aunque eficiente, puede generar compactación y pérdidas hídricas mayores. Estas diferencias subrayan la importancia de complementar ambos sistemas con estrategias como el monitoreo de humedad y la implementación de coberturas vegetales para maximizar sus beneficios ambientales.

Finalmente, desde la perspectiva socioeconómica, ambos sistemas contribuyen a mejorar el bienestar social mediante la generación de empleo y aumento del nivel de vida, aunque el riego por goteo requiere una mayor capacitación técnica para su manejo óptimo. En conjunto, la literatura reciente sostiene que, si bien ambos métodos representan un avance respecto a sistemas tradicionales, el riego por goteo ofrece un mayor potencial para la sostenibilidad ambiental y social, siempre que se acompañe de un adecuado manejo, mantenimiento y formación técnica.

## **V. CONCLUSIONES**

Del estudio realizado se concluye que:

1. La propuesta técnico-económica para la simulación de un sistema de riego por goteo en una hectárea destinada al cultivo de banano en el Fundo “Santa Rosa” de la UNS evidencia su viabilidad, con una inversión estimada de S/ 33,900.00 y costos operativos anuales de S/ 4,850.00. Además, el sistema presenta una alta eficiencia hídrica, alcanzando valores entre el 90 % y 95 %, lo que respalda su implementación como una alternativa rentable y adecuada para optimizar el uso del recurso hídrico en condiciones agroedafológicas limitantes
2. La propuesta técnico-económica para un sistema de riego por goteo reducirá significativamente, cuando se implemente, los impactos ambientales asociados al riego por gravedad, especialmente en la calidad del aire, el agua y la fauna, favoreciendo prácticas agrícolas más sostenibles y con menor alteración del entorno natural.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda implementar sistemas de riego por goteo en el Fundo “Santa Rosa”, especialmente en cultivos sensibles como el banano, para mejorar la eficiencia en el uso del agua y reducir los impactos ambientales detectados en el estudio.
- Es necesario realizar un monitoreo continuo del pH y la salinidad del suelo, complementado con ajustes en el fertirriego y uso de enmiendas, para asegurar un ambiente favorable al desarrollo vegetal en suelos con características alcalinas y salinas.
- Se recomienda implementar un plan adecuado de gestión de residuos sólidos derivados del sistema de riego por goteo, con énfasis en los materiales plásticos como mangueras, cintas, goteros y conexiones en desuso.
- Se recomienda a futuros investigadores evaluar la respuesta de otros cultivos bajo condiciones similares de suelo y agua, utilizando riego tecnificado, para ampliar el conocimiento sobre su adaptabilidad y rendimiento en zonas con limitaciones edafoclimáticas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFIPA (2025, enero 20). *Manejo integrado de plagas MIP | Control integral de plagas*. Recuperado el 28 de agosto de 2025, de <https://www.afipa.cl/buenas-practicas-agricolas/manejo-integrado-de-plagas/>
- Agrisanriegos (2023, mayo 28). *Solución de problemas de riego por goteo - Guía práctica*. Recuperado el 28 de agosto de 2025, de <https://www.agrisanriegos.es/solucion-problemas-riego-goteo/>
- Agropinos (2022). *Sistema de riego por aspersión*. Plásticos del Campo. Recuperado de <https://www.agropinos.com/blog/sistema-de-riego-por-aspersion>
- Agrosolmen SL. (2024, agosto 8). *Sistemas de riego eficientes: impacto ambiental*. Agrosolmen. Recuperado de <https://agrosolmensl.es/sistemas-de-riego-eficientes-impacto-ambiental>
- Bodie, Z. (2017). *Inversiones* (p. 109). McGraw-Hill Educación.
- Caiza, J. (2021). *Impacto del cambio climático en la agricultura en los sistemas de producción agroecológico, orgánico y convencional en los cantones Cayambe y Pedro Moncayo* [Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar]. Repositorio UASB. <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/7921>
- Cortez, V. (2020). *Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante IoT en los cultivos urbanos de la Fundación Mujeres Empresarias Marie Poussepin* [Tesis de grado]. Fundación Mujeres Empresarias.
- Díaz, E. (2021). *Formulación de una propuesta técnica y económica para desarrollo de una plataforma tecnológica que permite la gestión de inventarios en la empresa Joyería El Mar de la Plata* (p. 33) [Tesis de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio UCC. <https://repository.ucc.edu.co/bitstreams/77fad9e9-0d8e-4a3e-a820-133c25669568/download>
- Econatur (2025, enero 8). *Riego por goteo en agricultura*. Recuperado de <https://econatur.net/servicios/asesoria-agricola/riego-por-goteo-en-agricultura/>
- EOS (2025, marzo 19). *Salinidad del suelo: causas, señales y efectos de la salinización*. Recuperado de <https://eos.com/es/blog/salinidad-del-suelo/>
- Ekoriego (2025, enero 22). *Cómo mejorar la eficiencia del riego en la agricultura*. Recuperado de <https://ekoriego.com/como-mejorar-la-eficiencia-del-riego-en-la-agricultura/>
- El Palmicultor (2023, agosto 24). *Costos de operación de tres sistemas de riego en el Campo Experimental Palmar de la Sierra*. Recuperado de <https://elpalmicultor.com/costos-tres-sistemas-de-riego-palmar-de-la-sierra/>

- Evaluación Ambiental (2025, abril 29). *Matriz de Leopold - Evaluación Ambiental*. Evaluación de Impacto Ambiental. Recuperado de <https://evaluaciondeimpactoambiental.com/matriz-de-leopold-evaluando-los-impactos-ambientales/>
- Fernández, R. (2020). *Manual de riego por aspersión* (p. 117) [Tesis de postgrado no publicada]. Universidad (Sevilla).
- Hernández, N. (2018). *Percepciones sobre cambio climático en relación a las medidas de mitigación y adaptación sobre la disponibilidad y conservación del agua* (p. 91) [Tesis de maestría, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9056>
- Horngren, D. (2018). *Contabilidad de costos: un énfasis gerencial* (p. 98). Recuperado de <https://ajuntament.barcelona.cat/estrategiaifinances/es/%C2%BFqu%C3%A9-son-los-costes>
- Intagri (2021). *Sistema de riego por goteo*. Centro de Enseñanza, Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/sistema-de-riego-por-goteo>
- Libera, B. (2019). *Impacto, impacto social y evaluación del impacto*. [Artículo científico]. Ciudad de la Habana.
- Liotta, M. (2018). *Sistema de riego por goteo* (p. 29). Recuperado de <https://www.iagua.es/respuestas/que-consiste-riego-goteo>
- López, D. (2020). *Sistema de riego tecnificado por goteo* (p. 45). [Publicación técnica, Chile]. Recuperado de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68837/Capitulo%2011.pdf?sequence=14&isAllowed=y>
- Maíz y Soya (2020). *Fertirriego, clave en la producción agrícola actual*. Recuperado de <https://www.maizysoya.com/lector.php?id=20200821>
- Moubray, J. (2020). *Mantenimiento centrado en confiabilidad* (p. 100) [Tesis de postgrado]. Prensa Industrial. Recuperado de <https://upkeep.com/es/learning/difference-operations-maintenance>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2003). *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*. FAO. <https://www.fao.org/4/y3557s/y3557s11.htm>
- Pachano, M. (2021). *Análisis del impacto socioeconómico y ambiental del sistema de riego y drenaje de la cuenca del río Catarama, Cantón Ventanas* (p. 95) [Tesis exploratoria, Universidad Agraria del Ecuador]. Recuperado de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/INTRIAGO%20PANCHANO%20MARIA%20ANGELICA.pdf>

- Peralta, J. (2019). Riego por aspersión (p. 49). Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA de Carillanca. Recuperado de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/40180/NR26419.pdf?sequence=1>
- Pérez, J. (2020). Identificación y evaluación de impactos ambientales (p. 22) [Artículo científico, Universidad de Guanajuato]. Toluca, México.
- Pérez, M. (2023, mayo 10). Matriz de Leopold: qué es, para qué sirve, ventajas, ejemplos. Lifeder. Recuperado de <https://www.lifeder.com/matriz-de-leopold/>
- Plataforma Tierra (2024, agosto 12). Aplicación de biocontroladores para el manejo de plagas. Recuperado de <https://www.plataformatierra.es/innovacion/aplicacion-de-biocontroladores-para-el-manejo-de-plagas>
- Rainforest Alliance (2024, septiembre 20). Nuestro enfoque sobre el manejo integrado de plagas y los plaguicidas. Recuperado de <https://www.rainforest-alliance.org/es/business-es/certificacion/nuestro-enfoque-sobre-el-manejo-integrado-de-plagas-y-los-plaguicidas/>
- Rebaza, E. (2022). *Análisis del impacto ambiental del sistema de drenaje pluvial en la urbanización Campo Real, ciudad de Cajamarca 2021* (p. 92) [Tesis de postgrado, Universidad Privada del Norte]. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/32522>
- Regaber (2025, abril 25). *Riego por goteo: la solución para una agricultura sostenible*. Recuperado de <https://regaber.com/blog/riego-por-goteo-la-solucion-para-una-agricultura-sostenible/>
- ResearchGate (2023, diciembre 15). *Respuesta al fertirriego por goteo en arroz (Oryza sativa, variedad Conarroz 3) en el trópico húmedo costarricense*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/376570209\\_Respuesta\\_al\\_fertirriego\\_por\\_goteo\\_en\\_arroz\\_orriza\\_sativa\\_variedad\\_conarroz\\_3\\_en\\_el\\_tropico\\_humedo\\_costarricense](https://www.researchgate.net/publication/376570209_Respuesta_al_fertirriego_por_goteo_en_arroz_orriza_sativa_variedad_conarroz_3_en_el_tropico_humedo_costarricense)
- Rojas, J. (2021). *Calidad del agua captada para riego y su impacto en el cultivo de espárrago de la cuenca baja del río Huarmey, provincia de Huarmey, región Áncash, en el 2018* (p. 115) [Tesis de maestría en gestión ambiental, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Recuperado de <http://168.121.236.53/handle/20.500.14278/3793>
- Tarjuelo, J. (2018). *El riego por goteo*. Universidad de Castilla-La Mancha. Recuperado de [https://www.agroalimentariasclm.coop/images/cursos/documentacion/2018/EL-RIEGO-POR-GOTEO\\_Jose-Maria-Tarjuelo.pdf](https://www.agroalimentariasclm.coop/images/cursos/documentacion/2018/EL-RIEGO-POR-GOTEO_Jose-Maria-Tarjuelo.pdf)
- Taylor, M. (2019). *Principios de economía* (p. 50). Cengage Learning del Suroeste.
- Tecnología Hortícola (2020, noviembre 11). *Un aumento de la producción de hasta un 40%, primeros resultados del estudio de Projar sobre el fertirriego*. Recuperado de <https://www.tecnologiahorticola.com/projar-aumento-produccion-fertirriego/>

- SAB (2021, abril 13). *Consejos para el mantenimiento del sistema de riego por goteo: ¿qué cosa controlar?* Recuperado de <https://www.sabspa.com/es/consejos-para-el-mantenimiento-del-sistema-de-riego-por-goteo/>
- Saavedra, M. (2020). *Impactos económicos* (Tesis de postgrado). España. Recuperado de <https://www.thecircularlab.com/como-afecta-medio-ambiente-economia/>
- Sánchez, P. (2020). *Proyecto de rehabilitación del canal de riego de la ciudad de Iringa, Tanzania* (p. 323) [Trabajo de fin de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. Recuperado de [https://oa.upm.es/64277/1/TFG\\_Pablo\\_Azofra\\_Sanchez.pdf](https://oa.upm.es/64277/1/TFG_Pablo_Azofra_Sanchez.pdf)
- Schwalbe, K (2021). *Gestión de proyectos de tecnología de la información* (p. 150) [Tesis de postgrado]. Guatemala.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2021). *Maximizando la eficiencia agrícola: Sistema de riego por goteo*. Gobierno de México. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/maximizando-la-eficiencia-agricola-sistema-de-riego-por-goteo?idiom=es>
- Sembralia (2020, julio 15). *Mantenimiento de instalaciones de riego por goteo. Recomendaciones*. Recuperado de <https://sembralia.com/blogs/blog/riego-por-goteo>
- Smith, J. (2019). *Impacto social por contaminación ambiental* (p. 98) [Artículo científico]. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552015000100001](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000100001)
- Serrano, C. (2019). *Diseño de estructura de gobierno comunitario que permita alcanzar un sistema de riego sostenible* (p. 108) [Tesis de maestría en agronegocios sostenibles, Ecuador]. Recuperado de <https://twitter.com/espae/status/1143581333144387584>
- Tan, S., et al. (2023). *Irrigation salinity affects water infiltration and hydraulic parameters of red soil*. *Agronomy*, 13(10), 2627. <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/10/2627>
- Tecnología Hortícola (2022, septiembre 1). *La calidad del producto en los sistemas de riego por goteo*. Recuperado de <https://www.tecnologiahorticola.com/calidad-producto-sistemas-riego-goteo/>
- Torres, F., Núñez, J., & Castro, M. (2021). Evaluación del impacto ambiental de sistemas de riego tecnificado. *Ciencias Agrarias y Ambientales*, 25(3), 155–170.
- Traxco (2023, julio 25). *Mantenimiento de instalaciones de riego - Tareas preventivas*. Recuperado de <https://www.traxco.es/blog/labores-del-campo/mantenimiento-de-instalaciones-de-riego>
- Valencia, R. (2018). *El sistema de riego y la incidencia en la productividad agrícola de las comunidades de Cochatuco y Llullucha, parroquia Angamarca, cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi* (p. 260) [Tesis de postgrado]. Ecuador.



## VIII. ANEXOS

### Anexo 1

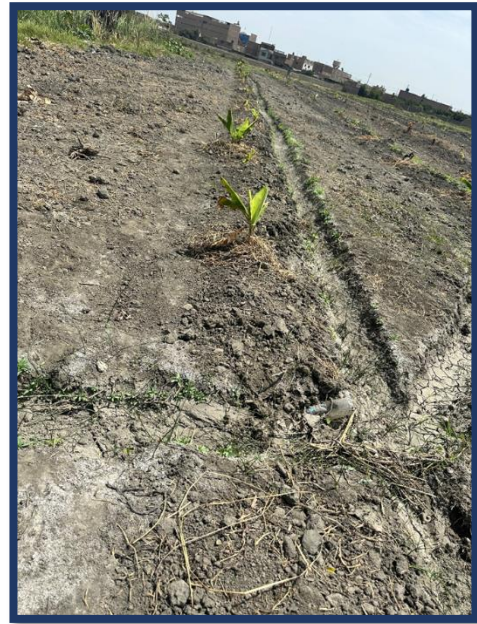
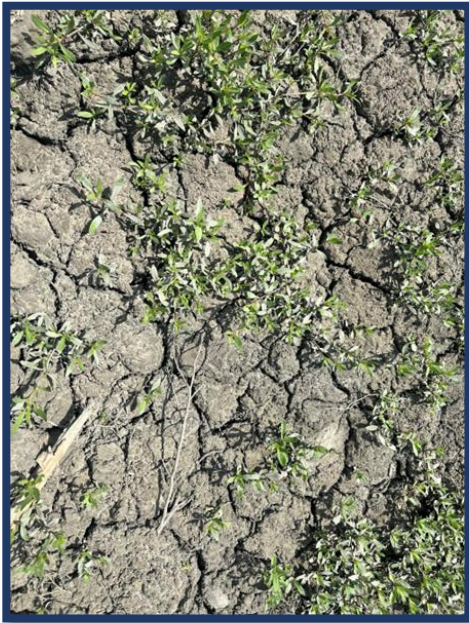
*Identificación de los sistemas de riego en el fundo Santa Rosa.*





## Anexo 2

*Plantas de plátano con características deficientes ocasionado por la salinidad del suelo.*





### Anexo 3

*Agua de riego contaminada de desechos humanos que se acumulan en las compuertas.*





#### Anexo 4

*Pozos de recolección de agua para riego*



#### Anexo 5

*Recolección de muestras de Análisis básico de agua y suelo agrícola del Fundo Santa Rosa de la UNS.*

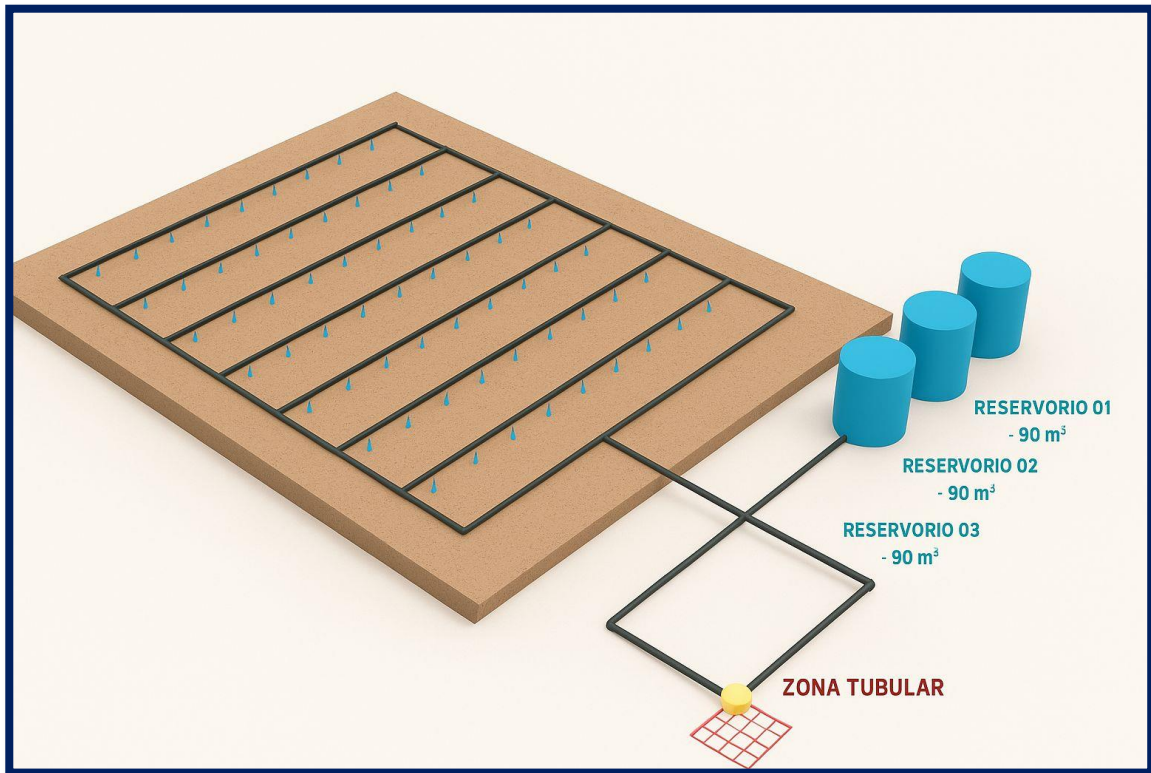






## Anexo 6

### *Simulación 3D del sistema de riego por goteo*



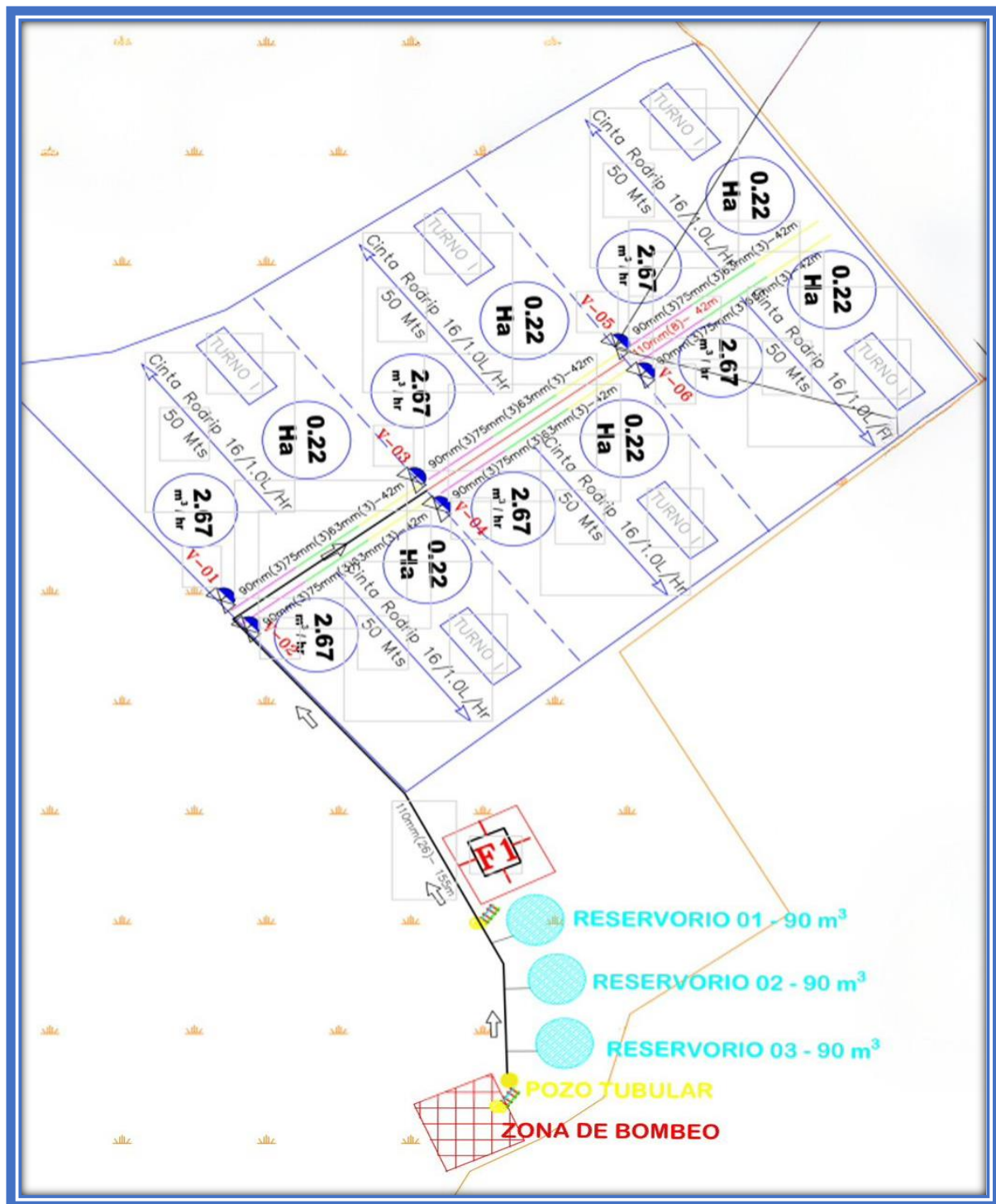








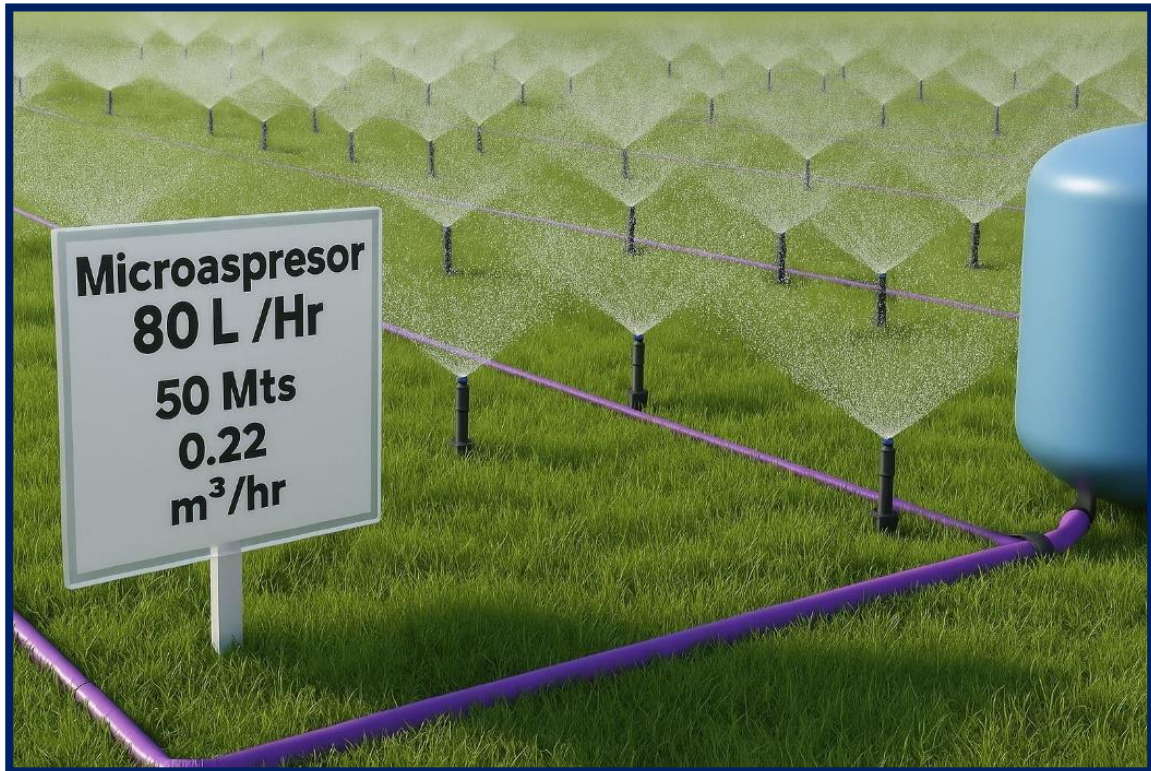
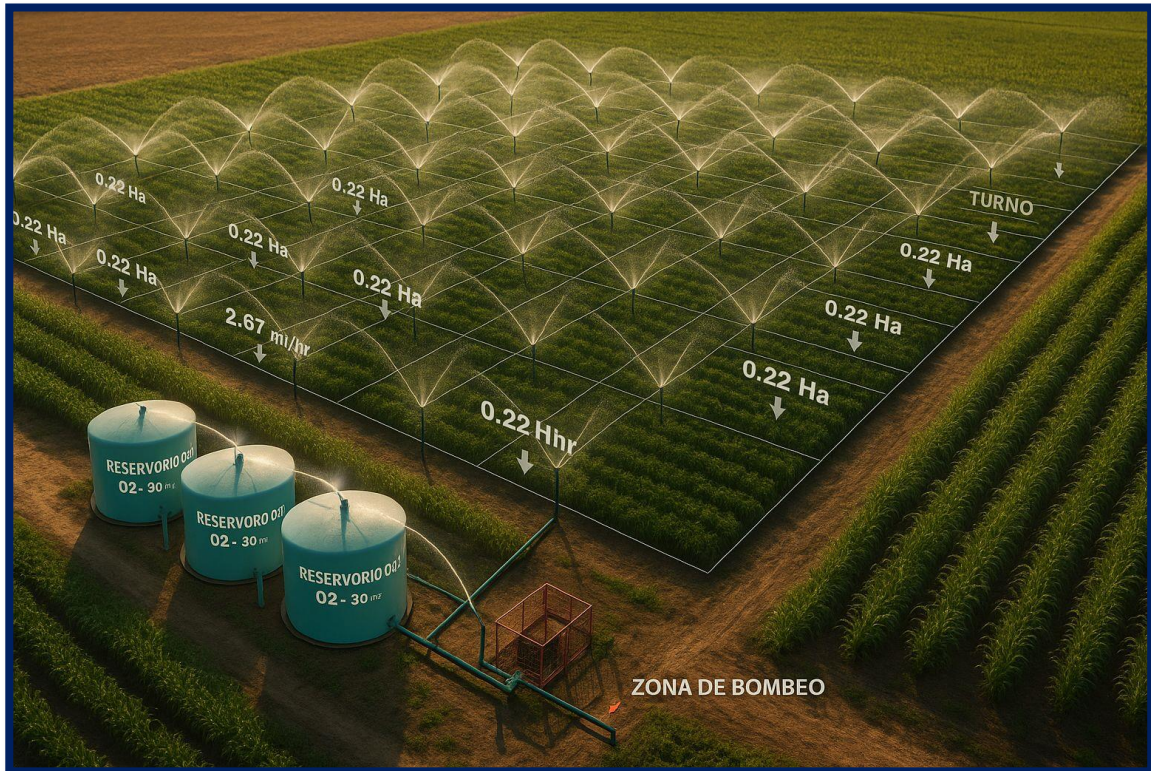




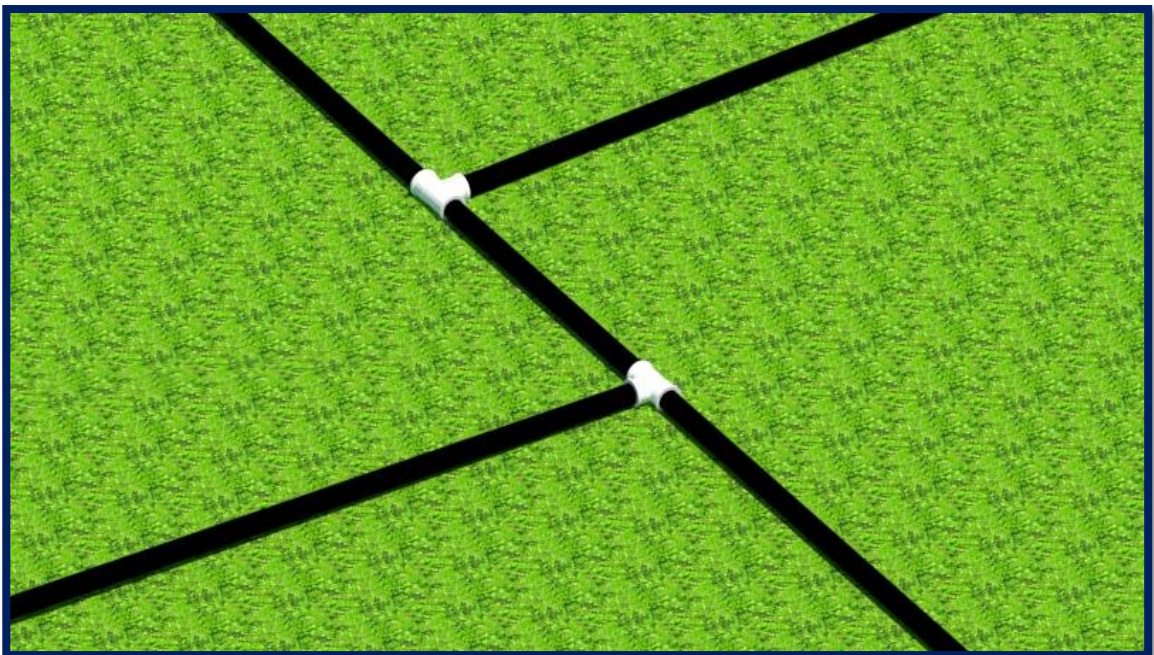
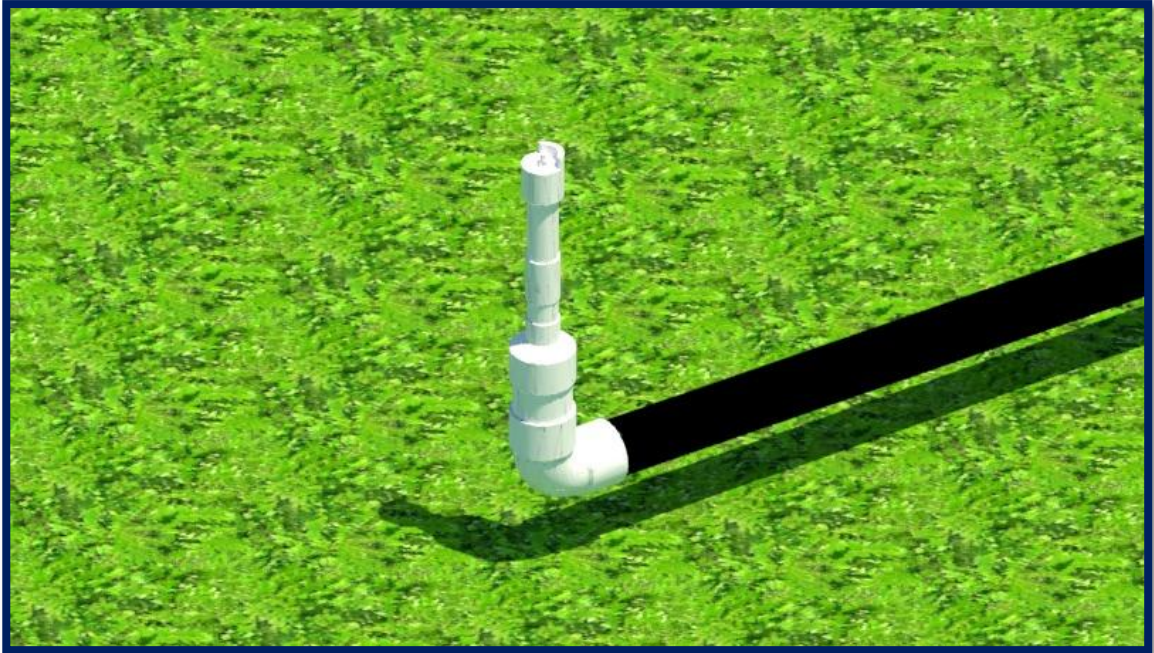


## Anexo 7

### Simulación 3D del sistema de riego por aspersión











### Ensayo de agua para riego

**ANOBALAB**  
Soluciones Analíticas y Consultoría

ISO 9001 CERTIFIED  
GLOBAL CERTIFICATION BUREAU

CERTIFICACIÓN ISO 9001:2015  
SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD  
N° ER-0608-24

## INFORME DE ENSAYO IEAA5227

### INFORMACIÓN GENERAL

|                         |                                                                                                                                   |                           |                                     |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| CLIENTE                 | NATALI SHADIRA MENDIETA TANTARAICO                                                                                                | PROCEDENCIA DE LA MUESTRA | Canal que proviene del Río Santa    |
| DIRECCIÓN               | Villa Mercedes D H 20, Chimbote, Santa - Ancash.                                                                                  | CULTIVO                   | -                                   |
| RUC                     | 71587200                                                                                                                          | MUESTREADO POR            | Natali Shadira Mendieta Tantaraico  |
| ENSAYOS SOLICITADOS     | Análisis Básico de Agua                                                                                                           | FECHA Y HORA DE MUESTREO  | 09/11/24 12:00                      |
| CONTACTO                | -                                                                                                                                 | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | Muestra de agua en botella plástica |
| MATRIZ                  | Agua Superficial / Río                                                                                                            | FECHA DE RECEPCIÓN        | 12/11/2024                          |
| COTIZACIÓN DEL SERVICIO | COT_240366                                                                                                                        | FECHA DE INICIO DE ENSAYO | 18/11/2024                          |
| ID ANOBA                | AA245227                                                                                                                          | FECHA FIN DE ENSAYO       | 21/11/2024                          |
| PROYECTO                | Sistema de riego tecnificado como propuesta técnica-económica para mitigar el impacto ambiental en el Fundo Santa Rosa de la UNS. | ID MUESTRA                | Agua de río                         |

### RESULTADO DE ANÁLISIS

| PARÁMETRO                   | SÍMBOLO                          | UNIDAD | LC | RESULTADO | METODOLOGÍA                                                           |
|-----------------------------|----------------------------------|--------|----|-----------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>FISICOQUÍMICOS</b>       |                                  |        |    |           |                                                                       |
| pH                          | pH                               | -      | -  | 7.46      | SMEWW 4500-H B. Electrometric Method 23rd edition 2017                |
| Conductividad Eléctrica     | (CE)                             | dS/m   | -  | 0.62      | SMEWW 2510 B. Laboratory Method 23rd ed. 2017                         |
| <b>CATIONES</b>             |                                  |        |    |           |                                                                       |
| Calcio                      | (Ca)                             | meq/L  | -  | 2.78      | SMEWW 3111 C. Extraction/Air-Acetylene Flame Method 23rd edition 2017 |
| Magnesio                    | (Mg)                             | meq/L  | -  | 1.01      | SMEWW 3111 C. Extraction/Air-Acetylene Flame Method 23rd edition 2017 |
| Sodio                       | (Na)                             | meq/L  | -  | 1.57      | SMEWW 3111 C. Extraction/Air-Acetylene Flame Method 23rd edition 2017 |
| Potasio                     | (K)                              | meq/L  | -  | 0.08      | SMEWW 3111 C. Extraction/Air-Acetylene Flame Method 23rd edition 2017 |
| <b>ANIONES</b>              |                                  |        |    |           |                                                                       |
| Carbonatos                  | (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ) | meq/L  | -  | 0.00      | SMEWW 2510 B. Laboratory Method 23rd ed. 2017                         |
| Bicarbonatos                | (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) | meq/L  | -  | 1.92      | SMEWW 2510 B. Laboratory Method 23rd ed. 2017                         |
| Cloruros                    | (Cl <sup>-</sup> )               | meq/L  | -  | 1.10      | SMEWW 4500-Cl B. Argentometric Method 23rd edition 2017               |
| Nitratos                    | (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )  | meq/L  | -  | 0.01      | Análisis Valdés, Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXVI. N° 1. Año 2004. 21-28   |
| Sulfatos                    | (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) | meq/L  | -  | 2.53      | SMEWW 4500-SO42- E. Turbidimetric Method 23rd edition 2017            |
| <b>MISCELANEOS</b>          |                                  |        |    |           |                                                                       |
| Suma de Cationes            | -                                | meq/L  | -  | 5.44      | Cálculo                                                               |
| Suma de Aniones             | -                                | meq/L  | -  | 5.56      | Cálculo                                                               |
| Sólidos Disueltos Totales   | TDS                              | mg/L   | -  | 396.80    | 2540 C. Total Dissolved Solids Dried at 180°C                         |
| Rel. de Adsorción de Sodio  | (RAS)                            | -      | -  | 1.14      | Cálculo                                                               |
| Carbonato de Sodio residual | (RSC)                            | meq/L  | -  | 0.00      | Cálculo                                                               |
| Clasificación del agua      | -                                | -      | -  | C2-51     | Nomograma de Riverside, USDA                                          |

### COMENTARIO

LC: límite de cuantificación

ANOBALAB S.A.C. no realiza el muestreo, por lo tanto, los resultados se aplicarán a la muestra tal como fue recibida

El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.

Los resultados corresponden solamente a los ensayos solicitados, en la condición de las muestras recibidas

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

ANOBALAB S.A.C.  
Dirección de Laboratorio  
Químico: Angel Norabuena Segovia  
CQP N° 737

Emitido: Lima, jueves, 21 de Noviembre de 2024

\*\*\*\*\* FIN DEL INFORME \*\*\*\*\*

info@anoba.com.pe www.anoba.com.pe  
Jr. San Isidro Nro. 386 Urb. San Carlos - Lima 07  
Comprometidos con la agricultura y el medio ambiente

Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de ANOBALAB y del cliente.

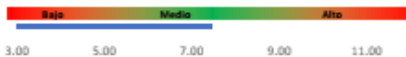
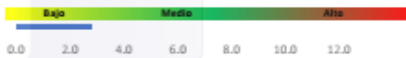
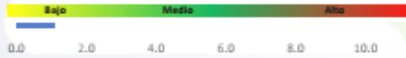
1/1

IEAA5227

## INFORMACIÓN DE CLIENTE

|              |                                                                                                                                  |                    |             |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------|
| PROPIETARIO: | NATALI SHADIRA MENDIETA TANTARAICO                                                                                               | FECHA DE MUESTREO: | 09/11/2024  |
| PROCEDENCIA: | Canal que proviene del Río Santa - Chimbote                                                                                      | ID ANOBA:          | AA243227    |
| CULTIVO:     | -                                                                                                                                | ID CLIENTE:        | Agua de río |
| PROYECTO:    | Sistema de riego tecnificado como propuesta técnica-económica para mitigar el impacto ambiental en el Fundo Santa Rosa de la UNS |                    |             |

## ANEXO

| PARÁMETRO               | UNIDAD | RESULTADO | ANÁLISIS GRÁFICO                                                                     | GRADO DE RESTRICCIÓN DE USO |
|-------------------------|--------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>FÍSICOQUÍMICOS</b>   |        |           |                                                                                      |                             |
| pH                      | -      | 7.46      |    | Tolerante                   |
| Conductividad Eléctrica | dS/m   | 0.62      |    | Bajo                        |
| <b>CATIONES</b>         |        |           |                                                                                      |                             |
| Calcio                  | meq/L  | 2.78      |    | Tolerante                   |
| Magnesio                | meq/L  | 1.01      |    | Tolerante                   |
| Sodio                   | meq/L  | 1.37      |  | Bajo                        |
| Potasio                 | meq/L  | 0.08      |  | Bajo                        |
| <b>ANIONES</b>          |        |           |                                                                                      |                             |
| Carbonatos              | meq/L  | 0.00      |  | Bajo                        |
| Bicarbonatos            | meq/L  | 1.92      |  | Tolerante                   |
| Cloruros                | meq/L  | 1.10      |  | Bajo                        |
| Nitratos                | meq/L  | 0.01      |  | Bajo                        |
| Sulfatos                | meq/L  | 2.33      |  | Bajo                        |

## ANEXO

| PARÁMETRO                   | UNIDAD | RESULTADO | ANÁLISIS GRÁFICO                                                                   | GRADO DE RESTRICCIÓN DE USO                                                       |
|-----------------------------|--------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MISCELANEOS</b>          |        |           |                                                                                    |                                                                                   |
| Suma de Cationes            | meq/L  | 5.44      |                                                                                    |                                                                                   |
| Suma de Aniones             | meq/L  | 5.56      |                                                                                    |                                                                                   |
| Sólidos Disueltos Totales   | mg/L   | 396.80    |  | Agua de alta calidad. Sin riesgos significativos para la mayoría de los cultivos. |
| Rel. De Adsorción de Sodio  | -      | 1.14      |  | Bajo                                                                              |
| Carbonato de sodio residual | meq/L  | 0.00      |  | Bajo                                                                              |
| Clasificación del Agua      |        | C2-S1     | Agua de buena calidad y apta para el riego                                         | Bajo                                                                              |

## CALIDAD Y NORMA DE USO SEGÚN RIVERSIDE

Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.

Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

ANOBALAB S.A.C.  
Dirección de Laboratorio  
**Quim. Ángel Norabuena Segovia**  
CQP N° 737

Lima, jueves, 21 de Noviembre de 2024

info@anoba.com.pe www.anoba.com.pe  
Jr. San Isidro Nro. 384 Urb. San Carlos - Lima 07

Comprometidos con la agricultura y el medio ambiente

2/2

F-PROC-13/02 REV01

Fecha: 2024-05-06

Aprobado: AN

## Anexo 9

### Ensayo de suelo agrícola



CERTIFICACIÓN ISO 9001:2015  
SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD  
N° ER-0608-24

## INFORME DE ENSAYO IESA5226

### INFORMACIÓN GENERAL

|                         |                                                                                                                                   |                           |                                         |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|
| CLIENTE                 | NATALI SHADIRA MENDIETA TANTARAICO                                                                                                | PROCEDENCIA DE LA MUESTRA | Fundo Santa Rosa de la UNS-SANTA-ANCASH |
| DIRECCIÓN               | Villa Mercedes D It 20, Chimbote, Santa - Ancash.                                                                                 | CULTIVO                   | -                                       |
| RUC                     | 71587200                                                                                                                          | MUESTREADO POR            | Natali Shadira Mendieta Tantaraico      |
| ENSAYOS SOLICITADOS     | Análisis de Caracterización Completa de Suelo                                                                                     | FECHA Y HORA DE MUESTREO  | 09/11/24 12:00                          |
| CONTACTO                | -                                                                                                                                 | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | Muestra de suelo en bolsa plástica      |
| MATRIZ                  | Suelo                                                                                                                             | FECHA DE RECEPCIÓN        | 12/11/2024                              |
| COTIZACIÓN DEL SERVICIO | COT_240366                                                                                                                        | FECHA DE INICIO DE ENSAYO | 12/11/2024                              |
| ID ANOBA                | SA245226                                                                                                                          | FECHA FIN DE ENSAYO       | 21/11/2024                              |
| PROYECTO                | Sistema de riego tecnificado como propuesta técnica-económica para mitigar el impacto ambiental en el Fundo Santa Rosa de la UNS. | ID MUESTRA                | Suelo Agrícola                          |

### RESULTADO DE ANÁLISIS

| PARÁMETRO                    | SÍMBOLO                             | UNIDAD             | LC    | RESULTADO | METODOLOGÍA                                                                                                                                               |
|------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>FISICOQUÍMICOS</b>        |                                     |                    |       |           |                                                                                                                                                           |
| Arena                        | -                                   | %                  | 1.00  | 44.00     | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.3.9 AS-09 Determinación de la textura del suelo por el procedimiento de Bouyoucos.                                  |
| Arcilla                      | -                                   | %                  | 1.00  | 26.80     | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.3.9 AS-09 Determinación de la textura del suelo por el procedimiento de Bouyoucos.                                  |
| Limo                         | -                                   | %                  | 1.00  | 29.20     | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.3.9 AS-09 Determinación de la textura del suelo por el procedimiento de Bouyoucos.                                  |
| Clase Textural               | -                                   | -                  | -     | FRANCO    | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.3.9 AS-09 Determinación de la textura del suelo por el procedimiento de Bouyoucos.                                  |
| pH                           | (pH)                                | -                  | -     | 7.81      | EPA Method 9045 D Rev. 4. Ítem 7.2. Soil and Waste pH. Ítem 7.2 Sample preparation and pH measurement of soils.                                           |
| Conductividad Eléctrica      | (CE)                                | mS/m               | 3.00  | 144.00    | ISO 11265:1994 / Cor 1:1996 Soil quality -- Determination of the specific electrical conductivity                                                         |
| Carbonatos                   | (CaCO <sub>3</sub> )                | %CaCO <sub>3</sub> | 0.05  | 3.41      | NOM-021-SEMARNAT -2000 7.3.25 AS-29 Determinación de carbonatos en suelos.                                                                                |
| Materia Orgánica             | (M.O.)                              | %                  | 0.35  | 2.87      | NOM - 021 - SEMARNAT - 2000 2da Ed. 2002. Ítem 7.1.7. Método AS - 07.                                                                                     |
| Acidez Intercambiable        | (Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup> ) | meq/100g           | 0.05  | <0.05     | Determinación de materia orgánica del suelo de Walkley & Black.<br>NOM-021-SEMARNAT-2000 2ed. 7.3.29 AS-33 Medición de la acidez aluminio intercambiable. |
| <b>MACRONUTRIENTES</b>       |                                     |                    |       |           |                                                                                                                                                           |
| Potasio Disponible           | (K)                                 | mg/Kg              | 2.00  | 65.40     | ME-SA-32 Determinación de Bases en Suelos Rev. 01 Año 2023                                                                                                |
| Fosforo Disponible           | (P)                                 | mg/Kg              | 0.50  | 38.92     | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.1.10 AS-10 Determinación de fósforo aprovechable por el procedimiento Olsen.                                        |
| Nitrógeno                    | (N)                                 | mg/Kg              | 40.00 | 1428.40   | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.3.17 AS-25 Determinación de Nitrógeno por el metodo de Kjeldahl.                                                    |
| <b>BASES INTERCAMBIABLES</b> |                                     |                    |       |           |                                                                                                                                                           |
| Calcio de Cambio             | (Ca)                                | meq/100g           | 0.03  | 26.87     | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.1.12 AS-12,7.1.13 AS-13 Capacidad de intercambio Cationicos y Cationes Intercambiables.                             |
| Magnesio de Cambio           | (Mg)                                | meq/100g           | 0.01  | 1.47      | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.1.12 AS-12,7.1.13 AS-13 Capacidad de intercambio Cationicos y Cationes Intercambiables.                             |
| Sodio de Cambio              | (Na)                                | meq/100g           | 0.01  | 0.09      | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.1.12 AS-12,7.1.13 AS-13 Capacidad de intercambio Cationicos y Cationes Intercambiables.                             |
| Potasio de Cambio            | (K)                                 | meq/100g           | 0.02  | 0.11      | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.1.12 AS-12,7.1.13 AS-13 Capacidad de intercambio Cationicos y Cationes Intercambiables.                             |
| <b>BASES DISPONIBLES</b>     |                                     |                    |       |           |                                                                                                                                                           |
| Calcio Disponible            | (Ca)                                | mg/Kg              | 20.00 | 7052.50   | ME-SA-32 Determinación de Bases en Suelos Rev. 01 Año 2023                                                                                                |
| Magnesio Disponible          | (Mg)                                | mg/Kg              | 2.5   | 439.00    | ME-SA-32 Determinación de Bases en Suelos Rev. 01 Año 2023                                                                                                |
| Sodio Disponible             | (Na)                                | mg/Kg              | 2.50  | 74.80     | ME-SA-32 Determinación de Bases en Suelos Rev. 01 Año 2023                                                                                                |



## RESULTADO DE ANÁLISIS

| PARÁMETRO                | SÍMBOLO     | UNIDAD   | LC   | RESULTADO | METODOLOGÍA                                                                                                                    |
|--------------------------|-------------|----------|------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MICRONUTRIENTES</b>   |             |          |      |           |                                                                                                                                |
| Cobre Disponible         | (Cu)        | mg/Kg    | 1    | 4.20      | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.1.14 AS-14 Determinación de Micronutrientes                                              |
| Zinc Disponible          | (Zn)        | mg/Kg    | 2    | 4.74      | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.1.14 AS-14 Determinación de Micronutrientes                                              |
| Manganeso Disponible     | (Mn)        | mg/Kg    | 1.5  | 8.20      | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.1.14 AS-14 Determinación de Micronutrientes                                              |
| Hierro Disponible        | (Fe)        | mg/Kg    | 1    | 19.36     | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.1.14 AS-14 Determinación de Micronutrientes                                              |
| Boro Disponible          | (B)         | mg/Kg    | 0.10 | 1.72      | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.1.14 AS-14 Determinación de Micronutrientes                                              |
| <b>OTROS</b>             |             |          |      |           |                                                                                                                                |
| CICE                     | -           | meq/100g | -    | 28.54     | Cálculo                                                                                                                        |
| % Sodio Intercambiable   | (PSI)       | %        | -    | 0.32      | Cálculo                                                                                                                        |
| % Acidez Intercambiable  | (PAI)       | %        | -    | 0.00      | NOM-021-SEMARNAT -2000 2da edición. 7.1.12 AS-12, 7.1.13 AS-13 Capacidad de intercambio Cationicos y Cationes Intercambiables. |
| Rel. Carbono-Nitrógeno   | (C/N)       | -        | -    | 11.65     | Cálculo                                                                                                                        |
| Relación Mg/K Disp.      | (Mg/K)      | -        | -    | 6.71      | Cálculo                                                                                                                        |
| Relación Ca/Mg Disp.     | (Ca/Mg)     | -        | -    | 16.06     | Cálculo                                                                                                                        |
| Relación (Ca+Mg)/K Disp. | ((Ca+Mg)/K) | -        | -    | 114.55    | Cálculo                                                                                                                        |

## COMENTARIO

LC: límite de cuantificación

ANoba LAB S.A.C. no realiza el muestreo, por lo tanto, los resultados se aplicarán a la muestra tal como fue recibida

El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.

Los resultados corresponden solamente a los ensayos solicitados, en la condición de las muestras recibidas

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Angel Norabuena Segovia  
CQP N° 737

Emitido: Lima,

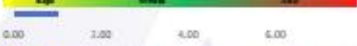
jueves, 21 de Noviembre de 2024

\*\*\*\*\* FIN DEL INFORME \*\*\*\*\*

## INFORMACIÓN DE CLIENTE

|              |                                                                                                                                  |                    |             |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------|
| PROPIETARIO: | NATALI SHADIRA MENDIETA TANTARAICO                                                                                               | FECHA DE MUESTREO: | 09/11/2024  |
| PROCEDENCIA: | Canal que proviene del Río Santa - Chimbote                                                                                      | ID ANObA:          | AA245217    |
| CULTIVO:     | -                                                                                                                                | ID CLIENTE:        | Agua de río |
| PROYECTO:    | Sistema de riego tecnificado como propuesta técnica-económica para mitigar el impacto ambiental en el Fundo Santa Rosa de la UNS |                    |             |

## ANEXO

| PARÁMETRO               | UNIDAD | RESULTADO | ANÁLISIS GRÁFICO                                                                    | GRADO DE RESTRICCIÓN DE USO |
|-------------------------|--------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>FISICOQUÍMICOS</b>   |        |           |                                                                                     |                             |
| pH                      | -      | 7.46      |    | Tolerante                   |
| Conductividad Eléctrica | dS/m   | 0.62      |    | Bajo                        |
| <b>CATIONES</b>         |        |           |                                                                                     |                             |
| Calcio                  | meq/L  | 2.78      |    | Tolerante                   |
| Magnesio                | meq/L  | 1.01      |    | Tolerante                   |
| Sodio                   | meq/L  | 1.57      |    | Bajo                        |
| Potasio                 | meq/L  | 0.08      |  | Bajo                        |
| <b>ANIONES</b>          |        |           |                                                                                     |                             |
| Carbonatos              | meq/L  | 0.00      |  | Bajo                        |
| Bicarbonatos            | meq/L  | 1.92      |  | Tolerante                   |
| Cloruros                | meq/L  | 1.10      |  | Bajo                        |
| Nitratos                | meq/L  | 0.01      |  | Bajo                        |
| Sulfatos                | meq/L  | 2.53      |  | Bajo                        |

## ANEXO

| PARÁMETRO                   | UNIDAD | RESULTADO | ANÁLISIS GRÁFICO                                                                   | GRADO DE RESTRICCIÓN DE USO                                                       |
|-----------------------------|--------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MISCELÁNEOS</b>          |        |           |                                                                                    |                                                                                   |
| Suma de Cationes            | meq/L  | 5.44      |                                                                                    |                                                                                   |
| Suma de Aniones             | meq/L  | 5.56      |                                                                                    |                                                                                   |
| Sólidos Disueltos Totales   | mg/L   | 396.80    |  | Agua de alta calidad. Sin riesgos significativos para la mayoría de los cultivos. |
| Rel. De Adsorción de Sodio  | -      | 1.14      |  | Bajo                                                                              |
| Carbonato de sodio residual | meq/L  | 0.00      |  | Bajo                                                                              |
| Clasificación del Agua      |        | C2-S1     | Agua de buena calidad y apta para el riego                                         | Bajo                                                                              |

## CALIDAD Y NORMA DE USO SEGÚN RIVERSIDE

Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.

Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

  
 Quim. Ángel Norabuena Segovia  
 CQP N° 737

Lima, jueves, 21 de Noviembre de 2024

info@anoba.com.pe    www.anoba.com.pe  
 Jr. San Isidro Nro. 384 Urb. San Carlos - Lima 07

Comprometidos con la agricultura y el medio ambiente

2/2

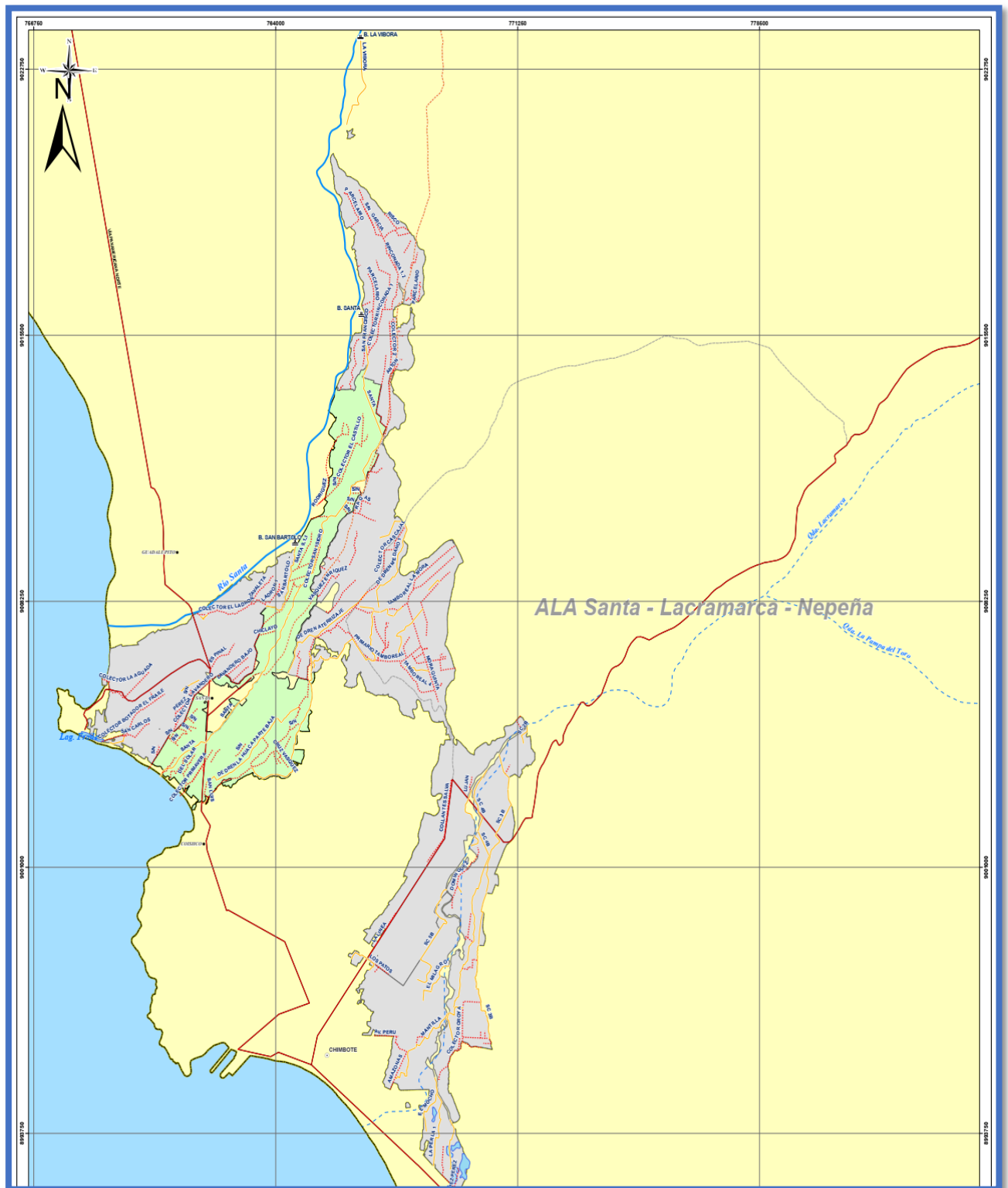
F-PROC-15/02 REV01

Fecha: 2024-05-06

Aprobado: AN

## Anexo 10

*Ámbito de la comisión de usuarios del sub sector hidráulico menor canal Santa*



## Anexo 11

### Cálculos del sistema de riego por goteo

Datos técnicos de base del cultivo de banano (*Musa paradisiaca* L)

- Superficie cultivada: 1 hectárea = 10,000 m<sup>2</sup>
- Densidad de siembra del banano: 1,666 plantas/ha (espaciamiento: 2.5 m × 2.4 m aprox.)
- Cantidad de goteros por planta: 2 goteros (uno a cada lado)
- Caudal de cada gotero: 4 litros/hora (L/h), típico en sistemas de goteo para frutales tropicales
- Frecuencia de riego: diaria o interdiaria, dependiendo del clima

#### ¿Cuánta agua se usa por hora?

Total, de goteros = 1,666 plantas × 2 goteros = 3,332 goteros

Caudal total por hora = 3,332 goteros × 4 L/h = 13,328 L/h

El sistema de riego por goteo aplica aproximadamente 13,328 litros por hora.

#### ¿Cuántas plantas abarca este sistema?

Está diseñado para cubrir 1,666 plantas por hectárea, con riego localizado en la zona radicular mediante 2 goteros por planta.

#### Riego Diario Estimado

Si se riega por 4 horas al día, el volumen diario aplicado será: 13,328 L/h × 4 h = 53,312 litros/día

Esto equivale a 53.3 mm/día por hectárea, lo cual está en el rango aceptable para banano en condiciones cálidas y con buen drenaje.

Datos técnicos de base del cultivo de banano (*Musa paradisiaca* L)

| Concepto                       | Valor estimado     |
|--------------------------------|--------------------|
| Número de plantas por hectárea | 1,666 plantas      |
| Número de goteros totales      | 3,332 goteros      |
| Caudal total del sistema       | 13,328 litros/hora |
| Riego diario (4 h/día)         | 53,312 litros/día  |

Nota. Esta tabla muestra los datos técnicos *cultivo de banano* (*Musa paradisiaca* L) que se empleara para ejecutar los costos del sistema de riego por goteo puesto en l Fundo "Santa Rosa" de la UNS.

- Tipo de bomba: Sumergible eléctrica 1.5 HP (1.1 kW)
- Horas de riego promedio: 4 horas/día × 180 días/año = 720 horas/año
- Energía anual consumida: 1.1 kW × 720 h = 792 kWh
- Costo de energía eléctrica promedio: S/ 0.70 por kWh (tarifa rural)

Subtotal anual por energía:

$$792 \text{ kWh} \times S/0.70 = S/554.40$$

## **Anexo 12**

### *Cálculos del sistema de riego por aspersión*

#### **Tipo de bomba recomendada**

- Tipo: Motobomba sumergible centrífuga
- Potencia: 5 HP (3.7 kW)
- Voltaje: 220/380 V – Trifásico
- Altura dinámica total (HDT): ~60 metros  
(considerando profundidad del pozo: 50 m + pérdidas por fricción + altura hasta aspersores)

El banano requiere entre 6 a 8 mm/día. Eso equivale a 60–80 m<sup>3</sup>/ha/día. Con aspersión y un turno de riego eficiente de 4–5 horas, se necesita una bomba capaz de mover 12–16 m<sup>3</sup>/h, a buena presión (3–4 bar). La bomba de 5HP cubre esta demanda con presión y caudal adecuados.

#### **Horas promedio de riego**

- Dotación diaria estimada: 70 m<sup>3</sup>/ha/día
- Caudal requerido por aspersores: ~15 m<sup>3</sup>/hora
- Horas/día de riego promedio:

$$\frac{70\text{m}^3/\text{día}}{15\text{m}^3/\text{hora}} = 4.6\text{horas/día}$$

Horas promedio de riego diario: 4.5 – 5 h/día  
(puede distribuirse en 2 turnos: mañana y tarde)

#### **Energía eléctrica anual consumida**

- Potencia de la bomba: 3.7 kW
- Horas de riego/día: 4.5 h
- Días de riego/año: 270 días (estimado conservador para costa norte)

$$\text{Consumo anual (kWh)} = 3.7\text{kW} \times 4.5\text{h/día} \times 270\text{días} = 4,492.5\text{kWh/año}$$

Energía anual consumida estimada: 4,500 kWh/año

### **Costo de energía eléctrica promedio**

Tarifas referenciales en la región de Ancash (Hidrandina):

- Tarifa BT5B (agraria trifásica) = Costo promedio (S/.) $\approx$ 0.90 S/./kWh

### **Cálculo del costo anual:**

Costo energía=4,500kWh/año $\times$ 0.90S/./kWh=S/. 4,050

Costo de energía eléctrica promedio anual: S/. 4,050

(valor puede bajar si accede a subsidios agrarios o generación propia)

### **Demanda hídrica anual**

Según datos agroclimáticos de Chimbote (Ancash), y considerando un ETo promedio de 5.5 mm/día, se calcula lo siguiente:

- Demanda anual:

ETc anual=5.5mm/día $\times$ 365días $\times$ Kcpromedioanual $\approx$ 2000–2300mm/año

- Para una hectárea (10,000 m<sup>2</sup>), esto equivale a:

20,000–23,000 m<sup>3</sup>/año/ha 20,000 – 23,000 \, m<sup>3</sup>/año/ha 20,000–23,000m<sup>3</sup>/año/ha

### **Sistema de riego tecnificado por goteo: diseño y aplicación algunas de sus ventajas:**

Reducción del consumo de agua en un 30–50% respecto al riego por gravedad.

Aplicación directa al bulbo radicular, minimizando la evaporación.

Menor lixiviación de nutrientes, ideal para un manejo ambientalmente responsable.

Posibilidad de fertirrigación eficiente.

### **Componentes técnicos del sistema**

Fuente: reservorio con capacidad de 50–100 m<sup>3</sup>.

Filtro de arena y malla (prevención de obstrucciones).

Tubería de conducción (PVC o PEAD).

Tubería secundaria con goteros auto compensantes (4 L/h recomendados).

Programador automático y válvulas sectorizadas.

### **Parámetros de diseño**

Marco de plantación: 2.5 m x 2.5 m  $\rightarrow$  1,600 plantas/ha.

Cada planta requiere aproximadamente 6–8 litros diarios en etapa de mayor demanda.

Caudal total estimado:

1,600plantas $\times$ 7L/día=11,200L/día=11.2m<sup>3</sup>/día/ha

Riego dividido en 1 a 2 sesiones diarias, de 1.5 a 2 horas.



## Anexo 13

### *Detalle de piezas y conexiones de los sistemas de riego*



