PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TÍTULO DE DISERTACIÓN

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO SISTEMATIZADO PARA SIETE HECTÁREAS DE CULTIVO DE ROSAS BAJO INVERNADERO UBICADO EN EL CANTÓN PEDRO MONCAYO, EN LA COMUNIDAD DE ANGUMBA."

AUTOR

JUAN MARTÍN NARVÁEZ GARCIA

DIRECTOR

ING. CARLOS LUIS NAVAS

QUITO, 2022

RESUMEN

Se realizó el diseño de un sistema de riego por goteo para 7 hectáreas de cultivo de rosas, ubicado en el Cantón Pedro Moncayo, en la comunidad de Angumba, con la finalidad de ofrecer una mejor distribución del agua de riego con un sistema innovador para que no existan zonas en el cultivo con falta de agua.

En una primera etapa se realizó un reconocimiento del terreno donde funciona el sistema y que componentes ya se tiene, como la fuente de agua, que para este caso es el canal de riego Cayambe-Tabacundo en su último tramo. Luego, se elaboraron planos donde se establece la distribución de todos los componentes del sistema como la tubería principal de goteo, las válvulas de control, el cabezal de riego y el reservorio de agua.

A continuación, fue necesario tomar muestras de suelo, para conocer las características e identificar el tipo de suelo donde se cultivarán las plantas, un dato importante para complementar las necesidades hídricas reales del cultivo. Igualmente fue necesario tomar muestras del agua que proviene del canal de riego para asegurarnos que sea de buena calidad y apta para suministrarla al cultivo. Posteriormente, se realiza los cálculos hidráulicos, tomando en cuenta varias especificaciones técnicas

Para garantizar que el agua se distribuya equitativamente en toda la finca, se propone el uso de la tubería colectora, una técnica innovadora para los sistemas de riego. Su función es dotar de agua las cintas de goteo por ambos extremos, así las partes más lejanas del cultivo recibirán la suficiente cantidad de agua para su desarrollo.

ÍNDICE

1. Capítulo I: Generalidades 9

1.1 Introducción 9

1.2 Justificación 9

1.3 Planteamiento del problema 10

1.4 Objetivos 12

1.4.1 Objetivo general 12

1.4.2 Objetivos específicos 12

1.5 Alcance 12

2. Capítulo II: Marco Teórico 13

2.1 Sistemas de riego 13

2.2 Riego por Goteo 15

2.2.1 Características 15

2.2.2 Componentes 16

2.2.3 Necesidades de agua para riego 32

2.2.4 Estudios previos para el diseño 33

3. Capítulo III: Información del proyecto 37

3.1 Ubicación geográfica 37

3.2 Fuente de agua 37

3.2.1 Canal de riego Cayambe – Tabacundo 37

3.3 Estudios realizados 38

3.3.1 Análisis de estudio de suelo 38

3.3.2 Análisis de estudio de agua 39

4. Capítulo IV: Diseño del sistema de riego por goteo 41

4.1 Área de influencia del proyecto 41

4.2 Etapas previas al diseño del sistema de riego por goteo 41

4.3 Distribución naves de invernaderos 42

4.4 Conducción del agua hacia los invernaderos 43

4.4.1 Red Primaria de goteo 43

4.4.2 Tubería secundaria colectora y manguera de goteo 44

4.5 Determinación de la necesidad hídrica 46

4.6 Cálculo de caudales 46

4.6.1 Caudal de Operación 46

4.6.2 Caudal de Riego y número de válvulas de control requeridas 47

4.6.3 Características de tubería principal y velocidad de Flujo 48

4.6.4 Características de la cinta de goteo 50

5. Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones 53

5.1 Conclusiones 53

5.2 Recomendaciones 54

6. Bibliografía 56

Anexos.....60

Índice de tablas

Tabla 1 . Tamaño de las partículas del suelo 33

Tabla 2. Características de las texturas del suelo.....35

Tabla 3. Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego 36

Tabla 4. Resultados de análisis de suelo 39

Tabla 5. Resultados del análisis de la muestra de agua.....39

Tabla 6. Tabla para medir dureza del agua.....40

Tabla 7. Necesidades de riego para el cultivo 46

Tabla 8. Resultados para caudal de riego y válvulas requeridas por bloque. 47

Tabla 9. Diámetros comerciales con 0,8 Mpa de presión de trabajo 49

Índice de Figuras

Figura 1 Forma del Bulbo Húmedo según el Tipo de Suelo. 15

Figura 2. Canal de Riego Cayambe-Tabacundo 16

Figura 3. Reservorio de Agua para Riego 17

Figura 4. Cabezal de riego 18

Figura 5. Filtro de malla 20

Figura 6. Filtro de disco 21

Figura 7. Funcionamiento de filtro de arena 21

Figura 8. Tanques de fertilización 22

Figura 9. Funcionamiento del sistema Venturi 23

Figura 10. Naves de invernaderos para rosas 24

Figura 11. Camas de cultivo de rosas 24

Figura 12. Excavación y paso de una red principal de tubería 25

Figura 13. Conexión de tubería colectora con mangueras laterales de goteo 26

Figura 14. Válvula de control Netafim 28

Figura 15. Válvula de alivio 28

Figura 16. Válvula de aire Netafim 29

Figura 17. Válvula de pie 30

Figura 18. Válvula Check para riego 30

Figura 19. Codo de 90° 31

Figura 20. Codo de 45° 31

Figura 21. Unión Te 32

Figura 22. Cinta de goteo 32

Figura 23. Triángulo de Texturas 34

Figura 24. Ubicación del proyecto de sistema de riego por goteo.....37

Figura 25. Canal de riego Cayambe-Tabacundo 38

Figura 26. Lugar de implantación del sistema de riego 41

Figura 27. Distribución de las naves de invernaderos por bloque.....43

Figura 28. Red primaria de tubería de goteo 44

Figura 29. Método clásico para riego por goteo 45

Figura 30. Funcionamiento del sistema con la tubería colectora.....45

Figura 31. Esquema de instalación de válvulas de control para cada bloque 48

Figura 32. Cálculo en el software para las pérdidas y velocidad de flujo. 50

Figura 33. Comparación de funcionamiento entre gotero auto compensado y no compensado ..51

Figura 34. Composición de gotero simple no compensado.....51

1. Capítulo I: Generalidades

1.1 Introducción

En el Cantón Pedro Moncayo, se encuentran varias empresas de exportación agrícola, y este se ha vuelto un lugar muy importante para la producción agrícola, en su mayor parte el cultivo de rosas. El canal de sistema de riego Cayambe- Tabacundo abastece a la comunidad de Angumba, donde se encuentra el proyecto, y la distribución del agua es controlada por la CODEMIA que tiene autonomía administrativa bajo el Reglamento de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (Prefectura de Pichincha, 2017).

El Gobierno de Pichincha ha organizado varias mesas de diálogo, con el objetivo de construir un modelo integral de uso del agua, debido a que es indispensable que cuando el proyecto ya esté operativo, sus beneficiarios le den un manejo adecuado, considerando los ejes público y comunitario, que conlleven a alcanzar el Sumak Kawsay en la zona norte de la provincia.

La distribución del agua se la realiza de acuerdo a la superficie de los predios en m2, y en turnos que asigna el Consorcio de Desarrollo de Manejo Integral de Agua y Ambiente Cayambe-Pedro Moncayo- Provincia de Pichincha (CODEMIA).

El Gobierno de Pichincha, además ha conseguido líneas de crédito de BanEcuador para los usuarios que financiarán las redes terciarias para que el agua de riego llegue a sus parcelas, por lo que la captación de agua sirve para la operación de los sistemas de riego y este debe optimizar la cantidad de agua que se tiene disponible y distribuirla uniformemente en todo el cultivo de acuerdo a sus necesidades agronómicas (Prefectura de Pichincha, 2017).

1.2 Justificación

En la provincia de Pichincha, Cantón Pedro Moncayo se concentra el mayor número de empresas dedicadas al cultivo de flores, principalmente rosas. Según el Ministerio de producción,

comercio exterior, inversiones y pesca (MPCEI) (2020), en el Ecuador la exportación de rosas representa alrededor de USD 650 millones cada año, y somos el tercer país exportador en el mundo. Las rosas ecuatorianas se caracterizan por su botón grande y su excelencia en calidad, siendo uno de los productos más cotizados en el extranjero. El proyecto para el diseño del sistema de riego consta de siete hectáreas de diferentes variedades de rosas exclusivamente para exportación.

El terreno se encuentra en el último tramo del canal de riego Cayambe-Tabacundo (repite), el cuál inicia en el río La Chimba en las estribaciones del nevado Cayambe hasta la parroquia de la Esperanza, entre los cantones de Cayambe y Pedro Moncayo. Este canal de riego tiene una longitud de 65 km. Es importante mencionar que en época de verano el canal no abastece con la cantidad de agua suficiente para satisfacer la necesidad del cultivo de la zona.

Con el fin de obtener una producción adecuada y de buena calidad de rosas que puedan ser comercializadas en todo el mundo, es de vital importancia contar con un óptimo sistema de riego aplicando metodologías eficientes que cubran las necesidades de las plantas. Por esta razón se propone un sistema de riego innovador, en el que se busca optimizar el uso del agua y su distribución uniforme en el cultivo, para tener un mejor desarrollo y alta productividad de las plantas.

1.3 Planteamiento del problema

La unidad de producción en la que se desarrollará el proyecto está ubicada en la comunidad Angumba, perteneciente al cantón Pedro Moncayo y se encuentra en el intervalo final del canal de riego Cayambe-Tabacundo. En esta parte, no llega el suficiente caudal de agua para cubrir con las necesidades hídricas del cultivo por varios factores tales como: la distancia que debe recorrer el agua desde el canal principal hasta su captación dentro del proyecto, en este trayecto se generan

pérdidas de agua en la transportación debido a las condiciones del terreno, los canales de transporte no tienen un adecuado mantenimiento por parte de las autoridades municipales y el acceso al servicio de agua es limitado.

La Prefectura de Pichincha realizó la entrega del proyecto de riego Cayambe-Pedro Moncayo en octubre del 2021 en un acto especial al que acudieron autoridades y cientos de productores de ambos cantones, sin embargo, este proyecto no ha podido ser aprovechado totalmente porque está incompleto: carece de los canales terciarios que conducen el agua, que pasa por un ducto principal, hacia las parcelas.

La falta de esas redes afecta más a las zonas altas de las cinco parroquias de Pedro Moncayo, donde los campesinos no pueden usar el líquido. Los agricultores optaron por la instalación de mangueras y construyeron pequeños reservorios.

Allí, de los casi 2 000 habitantes, pocos se animan por otros cultivos tras la llegada del agua a través del canal principal; la mayoría se dedica a la producción de trigo, cebada y maíz. Para conseguir agua se juntan entre vecinos y conocidos para invertir e instalar mangueras de uso común es así que, la misma Junta Parroquial tiene un reservorio y mangueras para regar los cultivos de tomate, con los que impulsará un proyecto social de alimentos para adultos mayores. (Prefectura de Pichincha, 2017)

Al ser un cultivo de exportación requiere de una inversión elevada ya que debe cumplir con todos los estándares de calidad que demanda el mercado internacional. El principal recurso es el agua, y como se dijo anteriormente el canal de riego está saturado por otras unidades productivas, de ahí la necesidad de la implementación de un sistema de riego con tecnología de punta para que no exista desperdicio y el agua sea aprovechada al máximo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de riego por goteo sistematizado para siete hectáreas de cultivo de rosas bajo invernadero ubicado en el Cantón Pedro Moncayo, en la comunidad de Angumba.

1.4.2 Objetivos específicos

- Recabar información bibliográfica y de campo referente al tema de investigación para fundamentar teóricamente el diseño del sistema de riego.
- Describir el sistema de riego por goteo, funcionamiento y componentes.
- Elaborar el diseño de riego por goteo para un terreno de 7 hectáreas, que incluye planos de distribución de bloques y de agua.

1.5 Alcance

Recopilar información necesaria del sector donde se va a desarrollar el trabajo, como estudios de suelos, de agua, entre otros. La fuente de donde se obtendrá dicha información será en laboratorios particulares especializados, además se realizarán entrevistas a ingenieros que cuentan con larga experiencia en este tipo de proyectos. Como objetivo se llegará a terminar un diseño que cubra las necesidades que requiere el área de estudio. En el presente trabajo no se contempla análisis de presupuestos ni estudios de impacto ambiental.

2. Capítulo II: Marco Teórico

En este capítulo se mostrará una investigación teórica del sistema de riego por goteo, se mostrará sus principales características, los factores a considerar cuando se va a realizar un diseño de este tipo, sus componentes, y los estudios necesarios para empezar un proyecto de riego.

2.1 Sistemas de riego

En la agricultura se necesita agua constantemente para cuidar del cultivo, el agua de lluvia no siempre abastece completamente una plantación, por lo que construir un sistema de riego moderno y eficiente es importante para suministrar al cultivo la cantidad de agua que necesita para su desarrollo y producción óptimo. (Martinez, 2014)

Antes de diseñar un sistema de riego para una unidad productiva agrícola, es importante considerar varios factores que influyen en el proyecto directamente, ya que si el diseño no es el correcto existe el riesgo de que la eficiencia del sistema no sea la apropiada para el cultivo (Galdiano, 2016). Esta es la primera etapa que se debe realizar para un proyecto de rosas, las siguientes etapas serán explicadas en los próximos capítulos del presente trabajo. Los factores primordiales que se deben tomar en cuenta para empezar el diseño del sistema de riego son los siguientes:

- La ubicación del cultivo: Dato relevante para conocer la disponibilidad de agua de riego.
- El terreno: Se debe buscar el mejor tipo de sistema de riego que se ajuste a varios factores geológicos como pendientes, o desniveles cercanos. Esto también puede modificar los trabajos de movimiento y excavación de tierras a realizar, y los equipos adecuados del sistema a obtener.
- Fuente y disponibilidad de agua: La fuente de agua es muy importante, ya que sin ella no tendría sentido la instalación de un sistema de riego. Esta fuente debe ser lo más cercana

posible al terreno, y así tener una cantidad de agua suficiente para regar completamente el cultivo. (Galdiano, 2016)

- Cantidad de agua para el riego: Varias veces el agua disponible para cultivos es de acceso limitado, se deben cumplir ciertos horarios en los cuales se puede realizar la irrigación, por lo que no siempre se tiene la cantidad necesaria para todo el cultivo y se debe aprovechar al máximo cuando se tiene disponibilidad de agua. La cantidad de agua a utilizar también depende del diseño agronómico, pues aquí se obtiene varios parámetros importantes como la cantidad y tiempo de riego al día y a la semana (Arias, 2022).
- Construcción de un reservorio: Su capacidad dependerá de la superficie y necesidades del cultivo.
- Materiales y equipo de instalación: Este factor se define por características económicas del dueño del cultivo, ya que así define que materiales puede utilizar en el proyecto, que equipos puede adquirir y el personal que trabajará en la instalación del sistema.
- Propiedades del suelo: Estas se las puede conocer mediante estudios en laboratorios de suelos especializados, donde se obtiene datos de la textura y tipo de suelo existente.
- Tipo de cultivo: Para diseñar y construir un sistema de riego se debe conocer el tipo de cultivo que se desea regar, ya que varía la necesidad de agua de cada cultivo.
- Fuente de Presión: La fuente de presión puede ser utilizada de 2 maneras, altura o bombeo. La altura se puede utilizar cuando la fuente de agua se encuentra topográficamente arriba del cultivo, por lo que no se necesita tener una presión alta para que el agua pueda llegar hacia su destino. La fuente de presión de bombeo su utiliza cuando el cultivo se encuentra arriba de la fuente de agua, y el bombeo es necesario para abastecer a todo el cultivo. (Arias, 2022)

2.2 Riego por Goteo

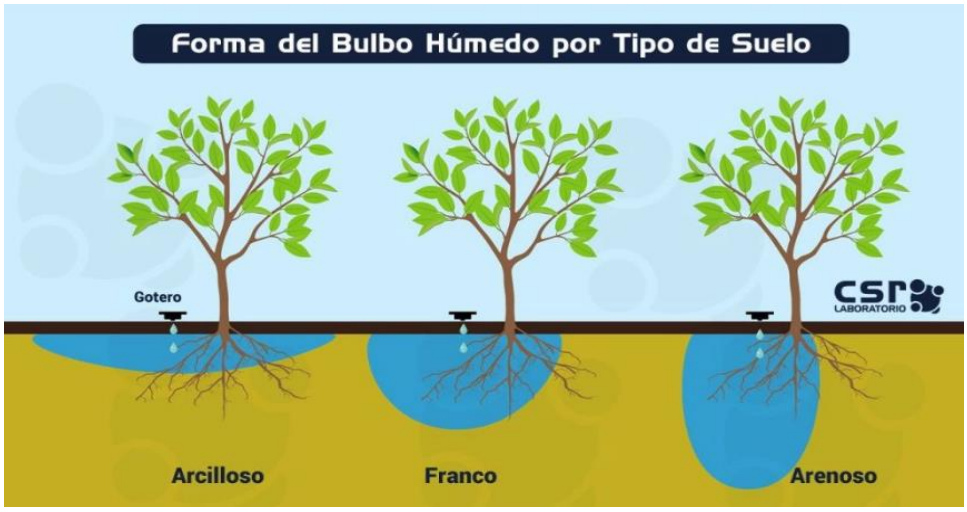
2.2.1 Características

Este sistema de riego consiste en aplicar el agua directamente en las raíces de las plantas con el uso de goteros, con el objetivo de que no exista desperdicio de agua. (Bayabil, 2020)

El proceso del sistema de riego inicia con la captación de agua desde el canal principal de riego, que proveen las autoridades municipales, hasta el reservorio de agua dentro de la unidad productiva. En el reservorio se ubica la unidad de bombeo y fertilización, y desde aquí mediante una red de tuberías y mangueras de diferentes dimensiones se traslada el agua hacia los invernaderos.

Ya en el cultivo se instalan las mangueras de goteo, que son las que proveen el agua. Estas emiten un caudal controlado de agua y fertilizantes, que penetra en la zona radicular de la planta, se humedece el suelo y esto se lo conoce como el bulbo húmedo, que tiene una profundidad aproximada de 50cm y contiene toda el agua que la planta aprovecha para su óptimo desarrollo. El tamaño y forma del bulbo húmedo dependerá del caudal del gotero y de la textura del suelo (Galdiano, 2016).

Figura 1 Forma del Bulbo Húmedo según el Tipo de Suelo.



Nota. Adaptado de Riego III: El riego localizado, por CSR Laboratorio, 2020, (https://csrlaboratorio.es).

El sistema de riego por goteo es un método muy eficaz y utilizado por varias empresas de producción agrícola. Tiene una eficiencia por encima del 90% y sus costos de instalación y programación son accesibles para medianas empresas (Galdiano, 2016).

2.2.2 Componentes

2.2.2.1 Canal de riego

La función principal de un canal de riego es captar el agua de fuentes abundantes tales como ríos, lagos y este lo transporta por largas distancias hacia tierras agrícolas. La construcción de un canal de riego se la realiza dependiendo de varios factores como la topografía del lugar de captación de agua, la distancia que va a tener el canal, el caudal estimado que se va a tener y los lugares donde se pretende distribuir equitativamente el agua. Los costos de inversión para un canal de riego son elevados, por lo que estas obras las deben realizar las autoridades gubernamentales (Arias, 2022).

Existen varias obras complementarias para el canal de riego, entre ellas está la construcción de canales secundarios y terciarios con respecto al canal principal, esto con la finalidad de distribuir adecuadamente el agua a todos los cultivos aledaños al canal.

Figura 2. Canal de Riego Cayambe-Tabacundo



Nota. Tomado de Sistema de Riego Cayambe-Pedro Moncayo. Fuente: (Prefectura de Pichincha, 2017).

2.2.2.2 Reservorio

Generalmente, el riego de agua desde el canal de riego principal se lo realiza por turnos, y dependiendo de los cultivos que estén en la zona y la cantidad de agua necesaria para satisfacerlos, el acceso al agua se vuelve muy limitado, por lo que se debe aprovechar al máximo cuando se tiene el turno para captar el agua. Los reservorios de agua en fincas se utilizan para almacenar grandes cantidades de agua, y utilizarla en épocas de sequía, o cuando no se disponga de agua necesaria desde el canal de riego principal.

Figura 3. Reservorio de Agua para Riego

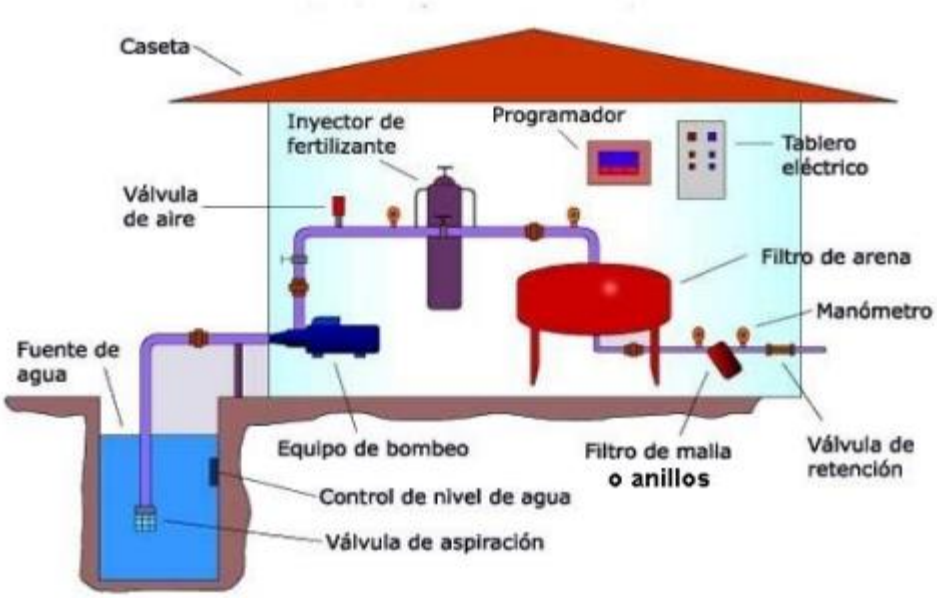


Nota. Tomado de Sistema de Riego Cayambe-Pedro Moncayo. Fuente: (Prefectura de Pichincha, 2017).

2.2.2.3 Cabezal de riego

Se construye cerca del reservorio de agua, y está constituido por el sistema de bombeo, sistema de filtrado y de fertirrigación. Con el uso de estos 3 sistemas se puede filtrar los sólidos y sedimentos que se encuentren en el agua (sistema de filtrado), añadir el fertilizante requerido y con el bombeo enviar el agua a través de las tuberías hacia el cultivo, cabe destacar que la bomba debe tener una presión adecuada para que el agua pueda llegar hasta los sectores más desfavorables del terreno. Sus características de potencia y funcionamiento dependen del terreno, cantidad de agua disponible y necesidades hídricas de cultivo. Desde el cabezal se controla el riego mediante un programador, donde se organiza los ciclos de riego, en que horarios del día se van a realizar y que días a la semana (Galdiano, 2016).

Figura 4. Cabezal de riego



Nota. Componentes de un cabezal de riego. Fuente: (Mendoza A. , 2013)

2.2.2.4 Sistema de filtrado

Con este equipo se retiene las partículas externas como sedimentos que afecten a la calidad de agua de riego o puedan llegar a taponar los goteros. Una característica importante de los filtros es el contralavado, este debe ser de calidad para que su eficacia no disminuya en posteriores usos. Es importante establecer el número, tamaño y tipo de filtros que se requiere para cubrir la necesidad de irrigación, especialmente cuando la demanda es mayor (Galdiano, 2016).

Los tipos de filtros comunes en sistemas de riego son:

- Filtros de malla: Se lo considera como un filtrado superficial de agua, reteniendo en las mallas todas las partículas que sean de tamaño superior. Su uso es común para aguas poco sucias y que tengan partículas de tamaño de limo y arcilla (Galdiano, 2016).

Figura 5. Filtro de malla



Nota. Adaptado de Filtro de Malla PEQ. Fuente: (Riego Ecuador, 2022)

Filtros de disco: Consiste en varios discos de plástico en forma de anillo superpuestos para mantener la pureza del agua. Se lo considera un filtrado en profundidad, ya que además de retener las partículas de mayor tamaño, se retiene una gran cantidad de partículas finas. Una ventaja de este filtro es que el consumo de agua y energía es mínimo. (Galdiano, 2016). Los discos están hechos en diferentes colores, y cada uno corresponde a una abertura diferente. Los discos tienen una abertura nominal de 5 a 400 micras., sin embargo, la más utilizada para riego es la de 130 micras (Carbotecnia, 2021).

Este filtro cuenta con un sistema de autolavado automático, sin embargo, cuando se requiera una limpieza profunda se la deberá realizar manualmente (Novagric, 2022).

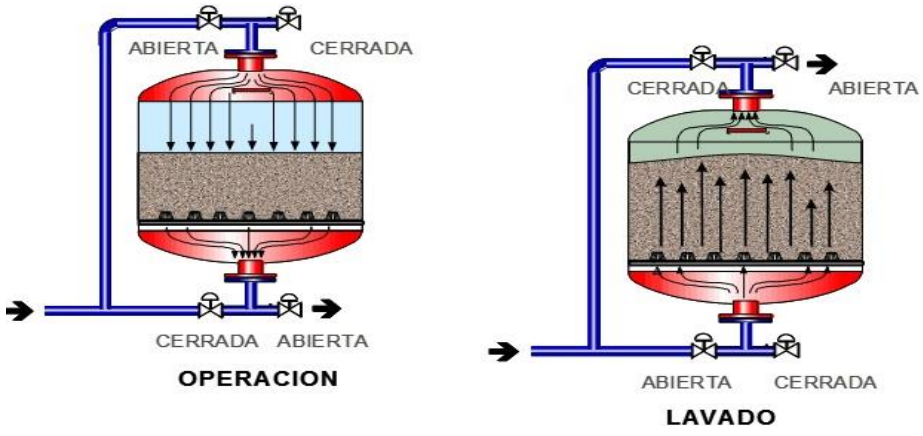
Figura 6. Filtro de disco



Nota. Composición de los filtros de discos para fertirrigación. Adaptado de Filtro de discos. Fuente: (Carbotecnia, 2021)

- Filtro de arena: El filtro es un recipiente metálico y su principal masa filtrante es arena, que puede filtrar partículas orgánicas e inorgánicas de varios tamaños. Es necesario que el agua circule a una baja velocidad para mantener la eficacia del filtrado. Las partículas se acumulan en el filtro y cuando llegan a su punto máximo se debe lavar el filtro. Al igual que los otros filtros, este también posee un lavado automático y manual. Un problema que se tiene es que puede haber la presencia de microorganismos en la arena, por lo que es necesario utilizar cloro en el lavado. (LAMA, 2021)

Figura 7. Funcionamiento de filtro de arena



Nota. Adaptado de Filtración (II): selección del equipo de filtrado, de M.A. Fuente: (Iagua, 2018).

2.2.2.5 Sistema de fertirrigación

Este sistema consiste en mezclar fertilizantes con el agua de riego para dar los nutrientes necesarios al cultivo para su desarrollo. Este proceso empieza cuando el agua ya pasó por los filtros mencionados previamente. En el proceso de fertirrigación se compone varias herramientas, como los tanques de fertilización, que sirven para realizar la mezcla, el sistema Venturi, que nos ayuda a mezclar el agua y los nutrientes de acuerdo a lo que el cultivo requiere y por último el programador de riego, que es donde una persona realiza la programación de riego para todos los días que se tiene previsto (Arias, 2022).

A continuación, se detallan los elementos del sistema de fertirrigación.

- Tanques de fertilización: Tienen una gran capacidad de almacenamiento y se instalan en el cabezal de riego, aquí se realiza las disoluciones de los productos químicos que se aplicarán con el agua al riego. Se encuentran conectados a la red de riego principal mediante mangueras y se controla manualmente su uso. (Galdiano, 2016)

Figura 8. Tanques de fertilización



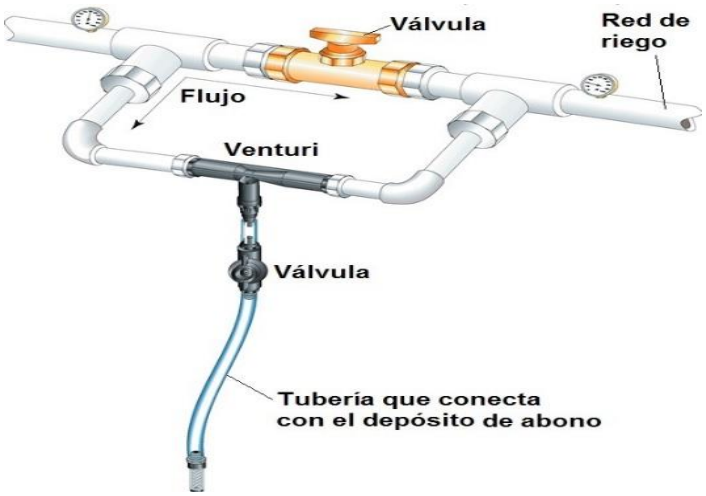
Nota. Tanques de fertilización para fertirrigación Fuente: (Galdiano, 2016)

- Sistemas de inyección Venturi: Inyector conectado a los tanques de fertilización donde succiona las soluciones químicas y las mezcla con el agua de riego para luego ir por la tubería principal de goteo. Se requiere una presión mínima diferencial entre los extremos

de entrada y salida para que se succione el fertilizante de los tanques. Su instalación consiste en colocar el Venturi en una tubería secundaria paralela a la tubería principal, donde habrá una válvula reguladora de presión (Hydro Environment, 2022).

Es importante el uso de caudalímetros para regular el caudal de inyección de los productos químicos. Este sistema Venturi es el más adecuado para la fertirrigación, ya que es el más económico, seguro y eficaz (Maher, 2021).

Figura 9. Funcionamiento del sistema Venturi



Nota. Adaptado de Riego por goteo. Fuente: (Ingemecánica, 2022)

- Programación de riego: Es necesario un programador agrícola en donde se pueda controlar los tiempos de riego, la fertirrigación, bombeo, cierre o apertura de válvulas, entre otros. Existen varios tipos de programadores, donde se debe buscar el que mejor se adapte a nuestro sistema de riego (Maher, 2021).

2.2.2.5 Naves de Invernaderos

Los invernaderos tienen como objetivo mejorar el desarrollo de las rosas, y disminuir los efectos que pueden afectar en su producción como los constantes cambios climáticos. Se deben cumplir varias características para un óptimo uso del invernadero, entre ellas está que sus dimensiones deben ser las correctas, que tenga una apropiada iluminación y ventilación (Novagric,

s.f.).

Figura 10. Naves de invernaderos para rosas



Nota. Naves de invernadero para rosas. Fuente: (Galdiano, 2016)

Dentro de los invernaderos se colocan las camas de cultivo, estas son donde se van a sembrar las plantas y donde se instalan las mangueras de riego por goteo.

Figura 11. Camas de cultivo de rosas



Nota. Camas de cultivo de rosas. Fuente: (Galdiano, 2016)

2.2.2.6 Red de tuberías

Para el riego por goteo se debe diseñar una red de tuberías, donde hay las tuberías principales, secundarias y en algunos casos terciarias.

La tubería principal parte del cabezal de riego hacia los invernaderos, las secundarias parten de la principal y se las controla mediante una válvula de riego. Estás tuberías siempre van bajo tierra para protegerlas de agentes ambientales como rayos solares y fuertes lluvias.

Figura 12. Excavación y paso de una red principal de tubería



Nota. Excavación adecuada para el paso de una red principal de tubería para el sistema de riego por goteo Fuente: (Galdiano, 2016)

A partir de la válvula de riego empieza la tubería colectora que rodea el cultivo. Las mangueras laterales, que contienen los emisores de riego, se conectan perpendicularmente a la colectora y van a lo largo de las camas de cultivo. (Arias, 2022) Estas se las conocen como cintas de goteo.

Figura 13. Conexión de tubería colectora con mangueras laterales de goteo



*Nota. C*onexión de tubería colectora con mangueras laterales de goteo. Fuente: (Galdiano, 2016)

Las cintas de goteo se colocan a lo largo de las camas de cultivo, y sirven tener un notable ahorro de agua y precisión en los ciclos de riego a comparación de otros sistemas. Existen variados tipos de goteros en cuanto a la cantidad de agua que pueden dosificar, suelen ser entre 2 y 8 litros por hora (Galdiano, 2016). Las características principales de esta cinta es que los goteros ya vienen integrados, tiene gran duración, es resistente a la obturación, preciso y uniforme en el riego. La separación de goteros varia de 20 a 30cm, la distancia escogida se debe ajustar al cultivo (Banariego, s.f.).

Siempre se debe verificar ciertas características que tienen las tuberías, como del material que están hechas, presión de trabajo, diámetro y espesor nominal.

Los materiales más utilizados en tuberías son:

- PVC: El policloruro de vinilo, es del material más utilizado para redes de tuberías

principales, debido a su alta resistencia a los esfuerzos que se producen por el paso del agua, sin embargo, no tienen suficiente resistencia a los golpes. Es común que se entierren estas tuberías para prevenir roturas y la radiación solar (Novagric, s.f.).

- PEBD: El polietileno de baja densidad es más flexible y resistente que el PVC, son óptimos para pequeños caudales (Galdiano, 2016).
- PEAD: Polietileno de alta densidad tiene una mayor resistencia a grandes caudales, temperaturas extremas y agentes químicos (cita).

También se colocan varios accesorios en las tuberías como las uniones, válvulas de disminución de presión, válvulas de control, entre otros.

2.2.2.7 Accesorios

Los accesorios principales que se utilizan en la irrigación por goteo son las válvulas de riego. Existen varios tipos de válvulas y cada una de ellas cumple un funcionamiento específico en el sistema. Para este caso se utilizarán las válvulas de control de riego, de alivio de presión, check, de aire y válvula de pie. Otros accesorios que se utilizan son los tipos de uniones en las tuberías, y su uso va a depender del diseño de la red principal de goteo.

- Válvulas de control

Las válvulas controlan una cierta área de riego, y hay varias a lo largo del cultivo. Estas están conectadas con el programador principal, el cual les indica cuando abrirse o cerrarse. Válvulas de funcionamiento eléctrico son las más utilizadas en sistemas automatizados, debido a su facilidad de manejo (Galdiano, 2016).

Figura 14. Válvula de control Netafim



Nota. Válvula de control de tipo NETAFIM. Fuente: (Netafim, 2022).

- Válvula de alivio

Su principal funcionamiento es mantener una baja y estable presión en la red de riego por goteo, ya que si esta aumenta demasiado puede provocar varios problemas como el desprendimiento de goteros de las tuberías o rompimiento de estas (Galdiano, 2016).

Figura 15. Válvula de alivio



Nota. Válvula de alivio de tipo NETAFIM. Fuente: (Netafim, 2022).

- Válvulas de aire

Controla la presencia de aire dentro de las redes de tuberías, extrae aire durante el llenado de agua e introduce aire en el vaciado de las tuberías para evitar el aplastamiento. Se usa comúnmente en puntos altos del terreno, que son los más desfavorables (Iagua, 2018).

Figura 16. Válvula de aire Netafim



Nota. Válvula de aire de tipo NETAFIM. Fuente: (Netafim, 2022).

- Válvula de pie

Se encuentra dentro del reservorio de agua, y se conecta con el equipo de bombeo. Cuando la bomba está en funcionamiento la válvula de pies se abre y permite la succión de agua, y cuando el sistema se detiene la válvula de pie se cierra automáticamente evitando que el agua que se encuentra en la tubería regrese al reservorio y así mantiene llena la tubería de agua.

Figura 17. Válvula de pie



Nota. de pie Roscada NPT 3in. Fuente: (Riego Ecuador, 2022)

- Válvula check

La válvula Check, también conocida como anti retorno, evita que se produzca un anti flujo del agua, es decir, que no regrese por la misma tubería, ya que puede ser perjudicial para el sistema de riego. Está se coloca en el cabezal de riego, una posterior al equipo de bombeo y antes del filtrado, y otra en la salida hacia la tubería principal de goteo.

Figura 18. Válvula Check para riego



Nota. Válvula Check para riego (Riego Ecuador, 2022)

- Uniones

Las uniones de tuberías pueden realizarse de 2 maneras, con junta elástica o con unión encolada. La junta elástica consiste en que el tubo tiene un aro de goma que ayuda a unirse con el otro tubo.

En la unión encolada se utiliza un adhesivo especial para PVC (Monge M. , 2019).

Codos de unión

Son las uniones de mayor uso para tuberías, sirven para cambiar la dirección de la red. Pueden ser de 45° o de 90°. (Galdiano, 2016)

Figura 19. Codo de 90°



Nota. Accesorios de unión PVC Codo de 90°. Fuente: (Ditecnia, 2022)

Figura 20. Codo de 45°



Nota. Accesorios de unión PVC Codo de 45°. Fuente: (Ditecnia, 2022)

Tees

Se unen 3 tramos de tuberías en un ángulo de 90°, donde se redirecciona el flujo de agua (TiendaIUSA, 2018).

Figura 21. Unión Te



Nota. Accesorios de unión PVC Unión “T”. Fuente: (Ditecnia, 2022)

Figura 22. Cinta de goteo



Nota. Accesorios de unión PVC Cinta de goteo. Fuente: (Ditecnia, 2022)

2.2.3 Necesidades de agua para riego

A lo largo de los años se ha ido tecnificando el trabajo de irrigación en la agricultura, siempre tratando de aumentar la producción. Un sistema de riego es fundamental para el buen desarrollo del cultivo, se debe procurar la optimización del uso del agua y evitar su desperdicio.

Las necesidades hídricas dependen de la eficiencia de distribución y aplicación del sistema de riego, la eficiencia para el goteo es del 90%. Sin embargo, ese valor de eficiencia es solo orientativo, pues también dependen del sistema de manejo y operación (Otto, 2021).

El requerimiento de agua es un dato importante para el sistema de riego, ya que se puede determinar la cantidad total de agua al día que se necesitará para todo el cultivo, también sirve para establecer el caudal de operación del sistema, el cual nos ayudará a complementar el resto del sistema como las redes de tuberías y número de válvulas hidráulicas. (Arias, 2022)

2.2.4 Estudios previos para el diseño

2.2.4.1 Tipo de suelo

La textura y estructura del suelo es importante, según estas propiedades se puede definir cómo actúa el agua y aire en el desarrollo normal de las plantas. Para ello la estructura del suelo se puede identificar mediante el tamaño de sus partículas (Tabla1) y este estudio se complementa con otro de la textura (Figura 23), el cual nos indica el porcentaje de cada partícula que se tienen en nuestro suelo a trabajar, y con los resultados obtenidos se puede clasificar el suelo (Tabla 2) y tener una idea clara de si el suelo es apto para el cultivo de rosas. (Arias, 2022)

Se usa la siguiente tabla para clasificar al suelo por su tamaño en las 3 partículas minerales antes mencionadas:

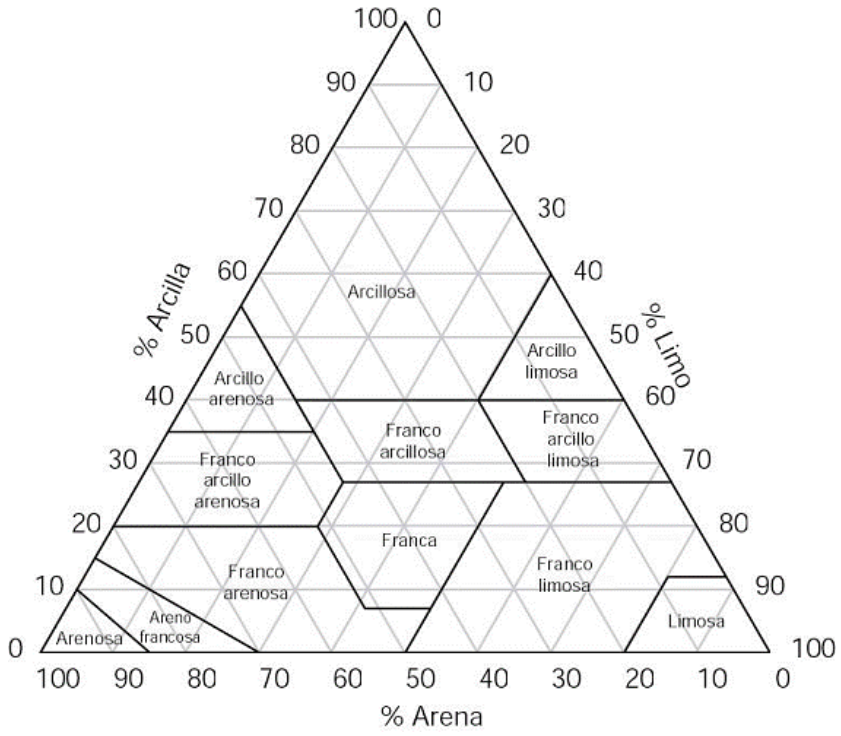
Tabla 1 . Tamaño de las partículas del suelo

Nombre de la partícula	Límites de diámetro en mm
Arena	0.06 - 2.0
Limo	0.002 - 0.06
Arcilla	Menor que 0.002

Nota. Adaptado de Instalador/Mantenedor de riego por goteo. Fuente: (Galdiano, 2016)

Para clasificar al suelo por su textura se usa la siguiente gráfica:

Figura 23. Triángulo de Texturas



Nota. Adaptado de Sistema textural, por USDA, 1977.

Se puede tener varios resultados al estudiar un suelo, entre ellos están:

- Suelo arenoso: Tiene una mayor concentración de arena, tiene un buen drenaje, aunque a veces este no tiene la capacidad de almacenar agua para que la planta pueda aprovecharla al máximo, por lo que su desarrollo no sería el deseado (Galdiano, 2016).
- Suelo limoso: Es el punto medio entre un suelo arenoso y un suelo franco (Galdiano, 2016).
- Suelo Franco: Se lo considera el mejor tipo de suelo para tener un cultivo (Galdiano, 2016).

Muy difícilmente después de un estudio de estos se puede tener uno de los suelos antes mencionados, sino un suelo con porcentajes variados o una partícula predominante sobre las demás. (Galdiano, 2016).

En el siguiente gráfico se pueden observar las características de las texturas intermedias:

Tabla 2. Características de las texturas del suelo

Clases Texturales	Descripción
Arenosos	Suelos que presentan un 85% o más de arena.
Areno-Francos	Suelos que poseen más de un 70% de arena y la cantidad de limo variedad entre 0% y 30%, y la arcilla entre 0% y 10%.
Franco-arenosos	Suelos que contienen bien el 20% o menos de arcilla, el porcentaje de lima varía de 0 hasta el 50% y debe de poseer entre un 50% y un 70% de arena.
Francos	Suelo que presenta entre el 7 y 27 % de arcilla, 28 y 50 % de limo, y menos del 52% de arenas.
Franco-limoso	Suelo que contiene 50% o más de limón y del 12 al 27% de arcilla, o bien del 50% al 80% de limo y menos del 12% de arcilla.
Limosos	Suelo que posee el 80% o más de limo y menos del 12% de arcilla.
Franco-arcilloso-arenoso	Suelo que presenta del 20 al 35% de arcilla, menos del 28% de limo y 45% o más de arenas.
Franco arcilloso	Suelo que posee del 27 al 40% de arcilla y del 20 al 45% de arenas
Franco-arcilloso-limoso	Suelo que contiene del 27 al 40% de arcilla y menos del 20% de arenas
Arcilloso-arenoso	Suelo que presenta 35% o más de arcilla y 45% o más de arenas
Arcilloso-limoso	Suelo que posee 40% o más de arcilla y 40% o más de limo
Arcillosos	Suelo que contiene 40% o más de arcilla, menos del 45% de arenas, y menos del 40% de limo

Nota. Adaptado de Instalador/Mantenedor de riego por goteo. Fuente: (Galdiano, 2016)

2.2.4.2 Calidad del agua

El ministerio del ambiente tiene una normativa donde se muestran varios parámetros que debe cumplir el agua para todo tipo de uso, el cual es "Anexo 1 del libro vi del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua".

Para uso agrícola se deben cumplir varias características entre las cuales se destacan:

Tabla 3. Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego

Problema Potencial	**Unidades**	**Ninguno**	**Ligero-Moderado**	**Severo**
Conductividad eléctrica	ms/cm	0,7	0,7 - 0,3	> 3,0
Ph	Rango normal		6,5 - 8,4	

Nota. Adaptado de Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Fuente: (CIP, 2020)

3. Capítulo III: Información del proyecto

3.1 Ubicación geográfica

El proyecto se encuentra ubicado en el cantón Pedro Moncayo, en la comunidad de Angumba.

Figura 24. Ubicación del proyecto de sistema de riego por goteo



Nota. Descripción física del proyecto de sistema de riego. Fuente: (Googe Earth, 2022)

3.2 Fuente de agua

3.2.1 Canal de riego Cayambe – Tabacundo

El canal de riego Cayambe-Tabacundo inicia en las estribaciones del nevado Cayambe, se capta el agua por los ríos Arturo, Boquerón y San Pedro. Se construyeron varios túneles desde estos ríos hasta la laguna de San Marcos, que almacena aproximadamente 10 millones de metros cúbicos que se dirigen mediante el túnel de trasvase hacia el río La Chimba.

A partir de este río empieza el canal de riego Cayambe – Tabacundo, que va desde la Parroquia de Olmedo hasta Malchingui, también abastece a las parroquias de Ayora, Tupigachi, La Esperanza, Tabacundo y Tocachi (Prefectura de Pichincha, 2020).

El canal de riego tiene una longitud principal de 67 km. Se estima que el canal abastezca de agua a 12000 hectáreas de cultivos, ayudando para el desarrollo agronómico de la zona (Radio Pichincha, 2020).

Figura 25. Canal de riego Cayambe-Tabacundo



Nota. Adaptado de Sistema de Riego Cayambe-Pedro Moncayo. Fuente: (Prefectura de Pichincha, 2017)

A partir de esta red principal se tienen varias redes secundarias y terciarias que llegan hasta cada zona agrícola, aunque en algunas partes estas redes no están terminadas o ni siquiera están construidas, por lo que la escasez de agua sigue siendo un problema para los agricultores.

Para prevenir la escasez de agua en los cultivos, se construye grandes reservorios de agua que se puedan utilizar cuando no se tiene agua disponible y se necesita regar el cultivo.

3.3 Estudios realizados

3.3.1 Análisis de estudio de suelo

Se tomó una muestra de suelo del lugar del proyecto, para así poder conocer el tipo de suelo que se tiene al clasificarlo en el triángulo de texturas. En base al tipo de suelo se puede conocer las necesidades hídricas del cultivo y complementar el diseño del sistema de riego. La muestra del suelo se envió al laboratorio de suelos Agrobiolab Cia Ltda.

Tabla 4. Resultados de análisis de suelo

Partícula	Resultado en %
Arena	70
Arcilla	16
Limo	14

Nota. Resultado del análisis del suelo Sistema de Riego Cayambe-Pedro Moncayo. Fuente: (Agrobiolab, 2022)

Según estos resultados se afirma que el suelo es tipo Franco Arenoso.

Cuando un suelo tiene textura franco o franco-arenoso tiene varios beneficios como la alta productividad agrícola por su fertilidad que aportan los limos, alto contenido de materia orgánica, minerales en óptimas cantidades, capacidad de retención y filtración de agua, y no se compacta (Pineda, s.f.).

3.3.2 Análisis de estudio de agua

Una muestra del reservorio de agua fue tomada y enviada al laboratorio Terraproductos y servicios S.A., donde se muestran los siguientes resultados:

Tabla 5. Resultados del análisis de la muestra de agua

COMPONENTES	**PH**	**CE (mS/cm)**
Agua/calidad	6,3	0,18
Valores óptimos	6	< 0,3

Nota. Resultado del análisis del suelo Sistema de Riego Cayambe-Pedro Moncayo. Fuente: (Agrobiolab, 2022)

Tabla 6. Tabla para medir dureza del agua

Dureza	°d	°f	ppm
	3,3	5,8	58

Rango de medición	Valoración
Menos a 12.5 °f	Agua Blanda
Entre 12.5 °f - 25 °f	Agua Semidura
Entre 25 °f - 37 °f	Agua Dura
Mayor a 37 °f	Agua muy Dura

Según la tabla de valoración su agua es: AGUA BLANDA

Nota. Resultado del análisis de valoración del agua del Sistema de Riego Cayambe-Pedro Moncayo. Fuente: (Agrobiolab, 2022)

Se observa que los valores de PH y conductividad eléctrica están dentro de los valores óptimos. El agua es de dureza blanda. El agua blanda no produce bloqueos ni daños en tuberías, no existe calcificaciones y su vida útil es más larga a comparación de aguas duras (Laboratorio ABM, 2017).

4. Capítulo IV: Diseño del sistema de riego por goteo

4.1 Área de influencia del proyecto

El proyecto consta en el diseño de riego por goteo a 7 hectáreas de cultivos de rosas bajo invernadero.

Figura 26. Lugar de implantación del sistema de riego



Nota. Ubicación específica del proyecto. Fuente: (Googe Earth, 2022).

4.2 Etapas previas al diseño del sistema de riego por goteo

1. Se realiza un reconocimiento del terreno para conocer las dimensiones de este, la pendiente que se tiene y la cantidad de tierra que se debe remover para instalar los invernaderos. Elaboramos los planos necesarios donde se indique la ubicación de los componentes del sistema como el cabezal de riego, el reservorio, la red de tuberías, y los invernaderos.

2. Cuando ya se tiene completa la distribución de los componentes del riego, se empieza a realizar el movimiento de tierras. Primero para la instalación de los invernaderos y luego para las

camas de cultivo. En esta parte el terreno debe ser en lo posible plano, para evitar encharcamientos de agua, cuando funcione el sistema de riego.

3. Se procede con la implantación de los invernaderos en cada hectárea de acuerdo con las dimensiones ya planificadas previamente.

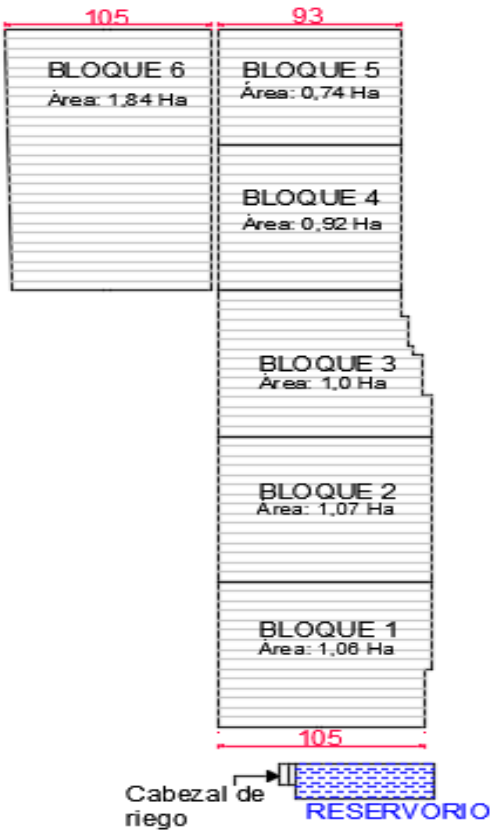
4. En esta etapa se realiza las excavaciones de tierra por donde se va a colocar la tubería principal de goteo y las válvulas de control. El siguiente paso es preparar el suelo donde se van a colocar las plantas, esto se lo realiza con herramientas y maquinaria agrícola, y su proceso depende del tipo de cultivo que se va a colocar.

5. Se instala el sistema de riego, todas las tuberías conectadas con su debida válvula de control y los ramales de goteo, todas las tuberías deben ser enterradas para evitar que sufran daños por temperatura. Finalmente, se siembra las plantas deseadas y se pone en funcionamiento el sistema de riego por goteo. (Arias, 2022)

4.3 Distribución naves de invernaderos

Las naves se colocarán a lo largo de las 7 hectáreas y se las dividirán por bloques. Cada bloque tendrá alrededor de 1 hectárea de superficie, se realiza esta división para poder colocar las válvulas con mayor facilidad y tener control en la programación de riego.

Figura 27. Distribución de las naves de invernaderos por bloque



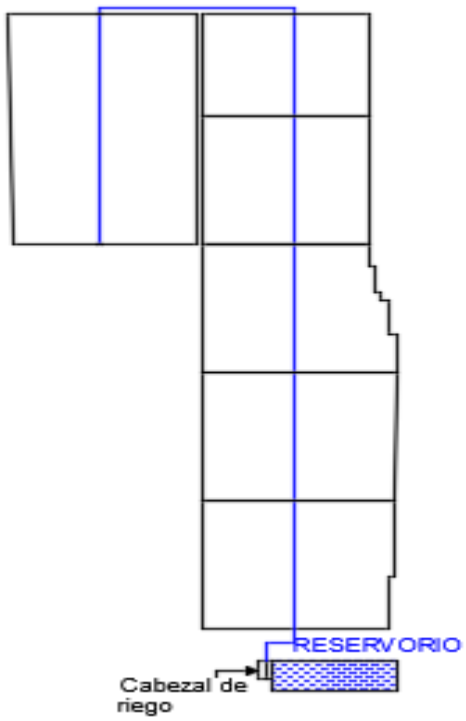
Nota. Cada bloque contiene 15 naves de invernadero, a excepción del bloque 6, que contiene 27. Las naves son de 6,7m de ancho y el largo de 105m, el largo varía en los bloques siguientes debido a las condiciones del terreno. Fuente: Investigación propia

4.4 Conducción del agua hacia los invernaderos

4.4.1 Red Primaria de goteo

Para el diseño de las redes de tuberías se tiene la siguiente distribución:

Figura 28. Red primaria de tubería de goteo



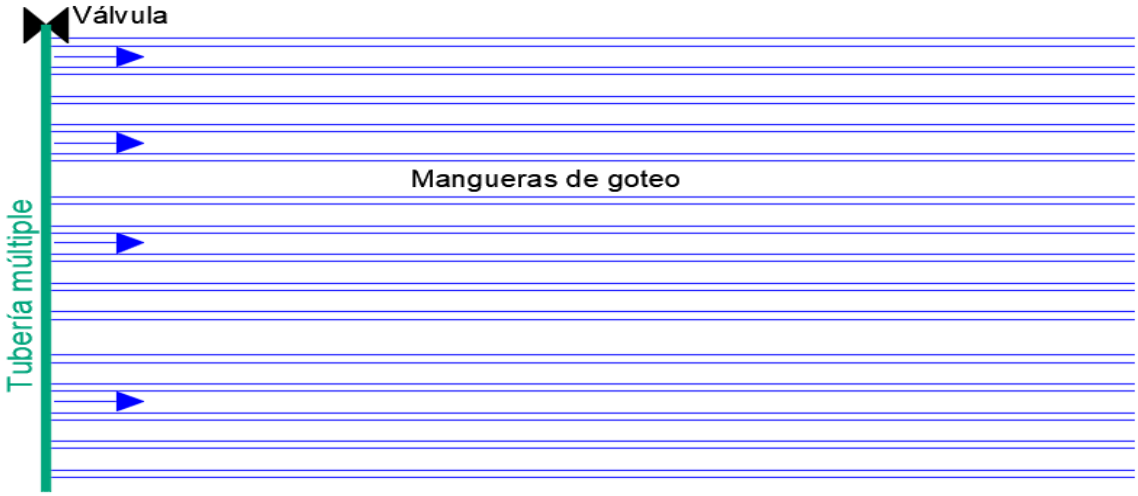
Nota. La tubería parte desde el cabezal de riego, su trayectoria es en la mitad de los bloques para que exista una mejor distribución de riego en las camas de cultivo, y a partir de esta tubería se colocarán las válvulas de control y de aire. Su longitud total es de 787m. Fuente: Investigación propia.

4.4.2 Tubería secundaria colectora y manguera de goteo.

Es importante recalcar que dentro del ancho de cada nave de invernadero se colocan 10 camas de cultivo, como la tubería principal pasa por la mitad de todos los bloques las camas se colocan 5 camas en cada lado de la nave. Cada cama de cultivo tendrá 2 cintas de goteo.

Normalmente en sistemas de riego por goteo se colocan tuberías secundarias, que se las conocen como múltiple y a partir de estas se colocan las mangueras de goteo.

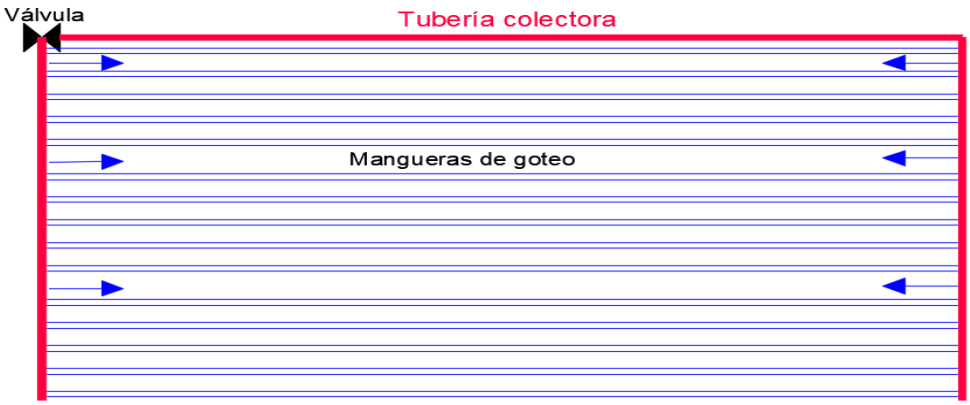
Figura 29. Método clásico para riego por goteo



Nota. Esta forma de riego es eficaz, sin embargo, existe escasez de agua en las zonas más lejanas a la tubería principal, por lo que las plantas que se encuentran ahí no reciben la dosis necesaria para su desarrollo. Fuente: investigación propia.

Para evitar dicho problema, se propone el uso de la tubería colectora. Su función es rodear las camas de cultivo, y que las cintas de riego se conecten por ambos extremos, para que todas las plantas de la cama de cultivo se abastezcan de agua equitativamente. Al final de la tubería se colocan tapones desmontables, y estos se los retira cuando se vaya a lavar la tubería. Así los sedimentos que se encuentren saldrán y evitaremos el taponamiento de las tuberías.

Figura 30. Funcionamiento del sistema con la tubería colectora



Nota. El uso de esta tubería es esencial para este proyecto debido a que las distancias que se proyectan para las

mangueras de goteo son grandes, y si no se coloca la colectora, las zonas más lejanas a la tubería de riego principal se verán afectadas por la falta de agua. Fuente: investigación propia.

4.5 Determinación de la necesidad hídrica

La necesidad hídrica del cultivo se la determina mediante el diseño agronómico, aquí se obtienen valores fundamentales para el diseño hidráulico del sistema de riego. Esto se lo realizó con ayuda del Ing. Jaime Narváez.

Tabla 7. Necesidades de riego para el cultivo

Cultivo	Rosas
Superficie a regar	7 Ha
Fuente de agua	Reservorio
Capacidad del reservorio (m3)	10000
Número de bloques	6
Requerimiento de agua por cama (l/día)	200
Requerimiento de agua por hectárea al día(mm)	5
Requerimiento de agua total (m3)	350
Distancia entre goteros (m)	0,2
Caudal de goteros (l/h)	2,3

Nota. El tiempo de riego es de 6 días a la semana, 8 horas cada dia. Fuente: Investigación propia

4.6 Cálculo de caudales

4.6.1 Caudal de Operación

Para determinar el caudal de operación el tiempo de riego es muy importante, por lo que se debe tener definido previamente (Arias, 2022). Se determina mediante la siguiente expresión:

$$Qoperación: \frac{Requerimiento\ Real}{Tiempo\ de\ riego}$$

$$Qoperación: \frac{350\ {}^{m3}/_{día}}{8\ {}^{hrs}/_{día}}$$

$$Qoperación: 44\ {}^{m3}/_{hora}$$

4.6.2 Caudal de Riego y número de válvulas de control requeridas

Con el caudal de operación obtenidos, se puede calcular el caudal de riego y el número de válvulas requeridas para cada bloque de invernadero. (Arias, 2022)

$$Qriego: \frac{Longitud\ total\ de\ cinta\ de\ goteo}{Distancia\ entre\ goteros} * Qgotero$$

$$Válvulas\ requeridas: \frac{Qriego}{QOperación}$$

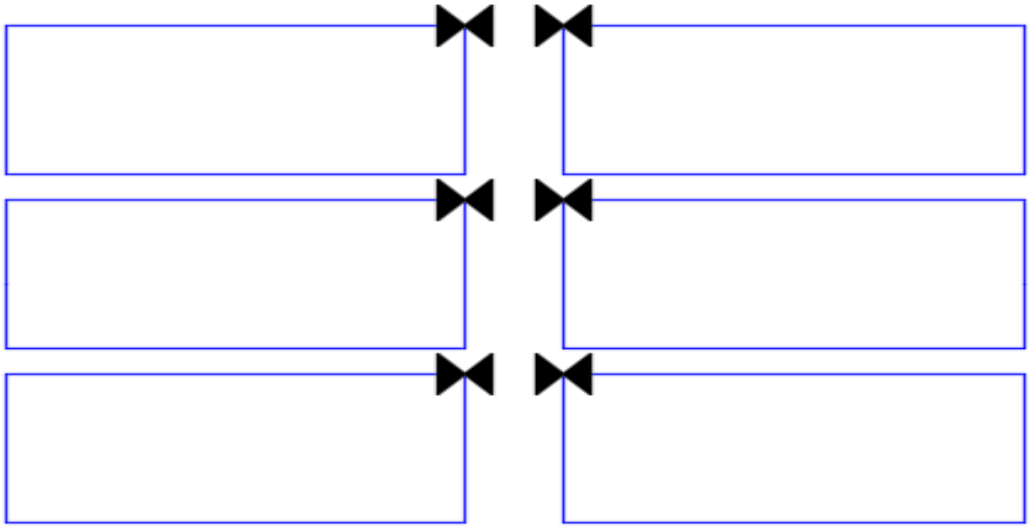
La longitud total de la cinta de goteo se la obtuvo con ayuda de los planos.

Tabla 8. Resultados para caudal de riego y válvulas requeridas por bloque.

Bloques de invernaderos	Longitud de manguera (m)	Q riego (m3/hora)	Válvulas requeridas
Bloque 1	15600	179,4	4
Bloque 2	15800	181,7	4
Bloque 3	14900	171,35	4
Bloque 4	13500	155,25	4
Bloque 5	11000	126,5	3
Bloque 6	27000	310,5	7

Nota. El resultado para el número de válvulas es hidráulicamente, si se coloca ese número en cada bloque es posible que no se distribuya el agua de una manera adecuada, entonces para dar un óptimo uso a las válvulas y a la tubería colectora se realizará el siguiente esquema de instalación. Fuente: Investigación propia.

Figura 31. Esquema de instalación de válvulas de control para cada bloque



Nota. Con este esquema se mantiene debidamente abastecida a la tubería colectora en cada una de las válvulas de control. Así se colocarán en todos los bloques, tomando en cuenta el número de válvulas calculadas previamente. Fuente: Investigación propia.

4.6.3 Características de tubería principal y velocidad de Flujo

Para realizar estos cálculos se utilizará el software de Naandanjain Ltda. la cual es "*una compañía global de riego, que ofrece el liderazgo tecnológico con la más amplia gama de soluciones asequibles y personalizadas*" (NAANDANJAIN, 2022).

La empresa ha creado NAANCAT, el cuál es un software especializado en cálculos hidráulicos de riego, y este programa es usado en todo el mundo por varias empresas reconocidas debido a toda la información que se puede obtener. Antes de usar el programa se debe establecer algunos criterios de diseño y las que considerará son las siguientes:

- Se utiliza la distancia total de la tubería principal de goteo, el caudal de operación calculado y la pendiente del terreno.
- Las presiones de trabajo en tuberías PVC para riego varían entre 0,5 a 2 Mpa. La tubería será de una presión de trabajo mínimo de 80 metros de columna de agua (0,8Mpa) que es

la ideal para tuberías de riego a presión (Arias, 2022).

- Se debe controlar que la velocidad de flujo nunca esté por encima de los 2,5 m/s, ya que se pueden producir daños en el sistema de tuberías y el posterior colapso del sistema (Arias, 2022).
- El espesor de la tubería se relaciona con la presión de trabajo adoptada, para dar la suficiente protección al elemento.
- El diámetro de la tubería se debe tomar acorde a los diámetros comerciales que se encuentran en el mercado, y que se ajusten a la presión de trabajo deseada.

Tabla 9. Diámetros comerciales con 0,8 Mpa de presión de trabajo

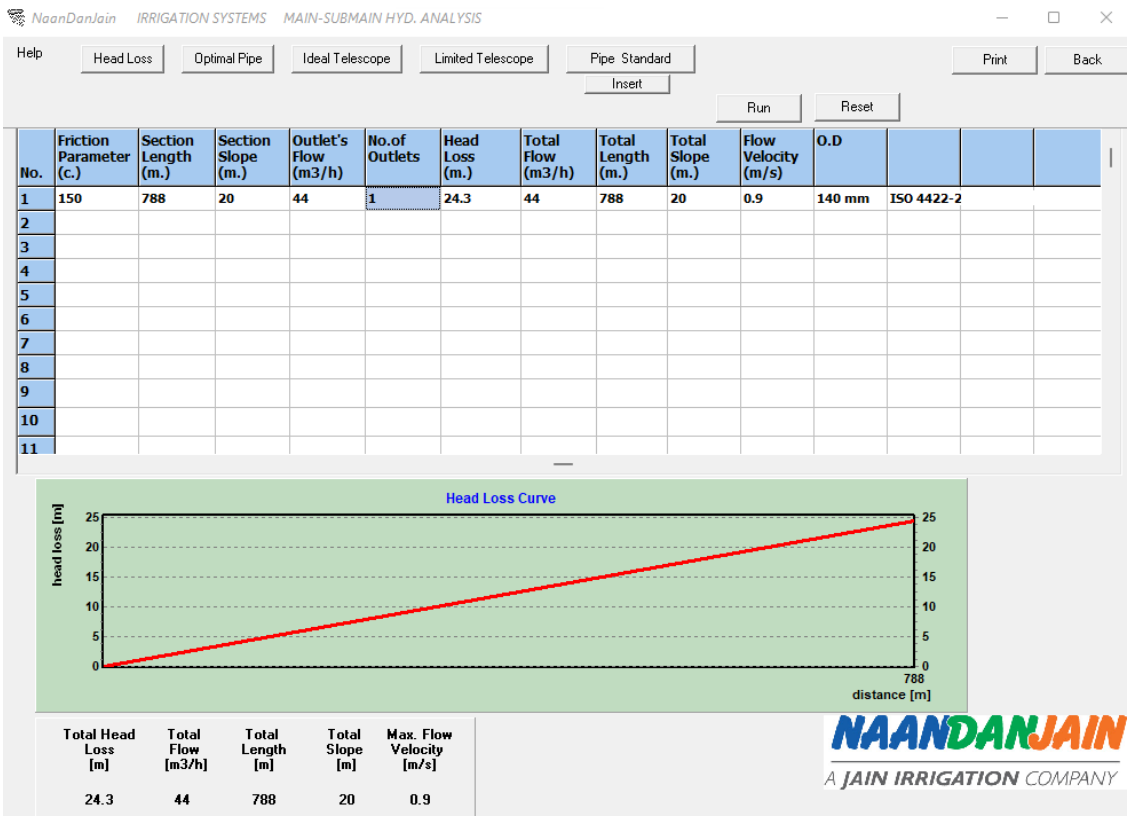
Diámetro nominal (mm)	Diámetro Interno (mm)	Espesor nominal(mm)	Presión de trabajo (Mpa)
50	46,8	1,6	0,8
63	58,8	2,1	0,8
75	70,2	2,4	0,8
90	84,2	2,9	0,8
110	103,2	3,4	0,8
140	131,4	4,3	0,8
160	150	5	0,8
200	187,6	6,2	0,8

Nota. Datos de la presión de trabajo con diámetros comerciales de 0,8. Fuente: Investigación propia

- Para los cálculos hidráulicos el software utiliza las fórmulas de Hazen – Williams, que son las más utilizadas para riego (Arias, 2022).
- Los datos de entrada que se utilizan en el programa son del caudal de operación, la longitud total de la tubería principal y la pendiente del terreno. El diámetro se lo va colocando y al analizar los resultados nos debe dar las recomendaciones previamente analizadas como la

velocidad de flujo y que las pérdidas no sean muy grandes.

Figura 32. Cálculo en el software para las pérdidas y velocidad de flujo.



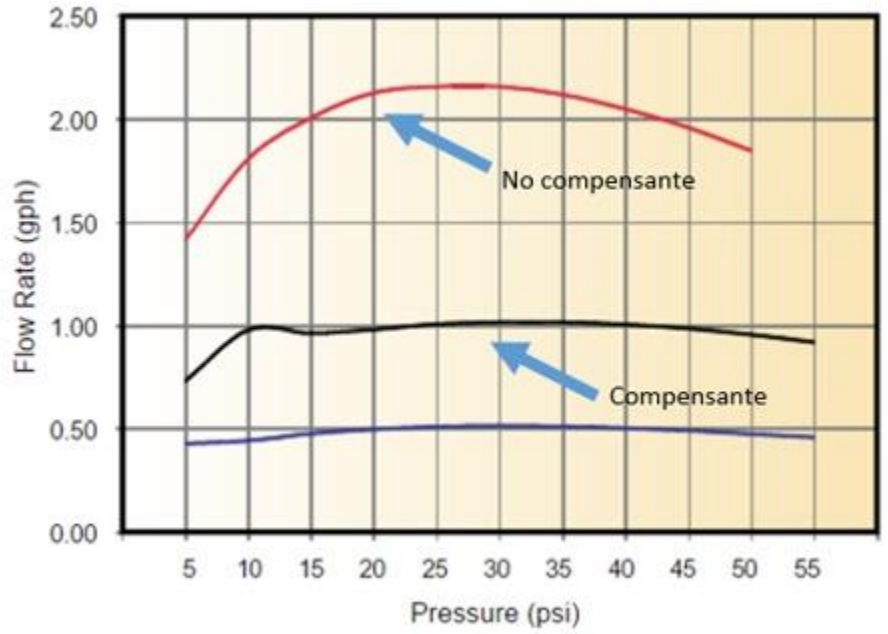
Nota. Al escoger diámetros pequeños, la velocidad de flujo salía mucho más alta de la recomendada, y con un diámetro nominal de 140mm la velocidad se ajustó, y con diámetros mayores a 140mm la velocidad disminuye demasiado. La velocidad de flujo da como resultado 0,9 m/s. El diámetro de la tubería de 140mm cumplió satisfactoriamente, por lo que será el dato final adoptado. Fuente: Investigación propia

4.6.4 Características de la cinta de goteo

Para elegir la cinta de goteo adecuada se debe decidir entre goteros no compensados y los auto compensados. La diferencia entre ellos es que los auto compensados tienen la capacidad de equilibrar la diferencia de presión que pueda existir en la tubería, su uso es óptimo cuando existen diferencia de nivel a lo largo de la cinta de riego. Los goteros no compensados son los más sencillos

y económicos por lo que tienen la tendencia a obstruirse, sin embargo, con el adecuado caudal en la manguera, el riesgo de obstrucción es menor (Arias, 2022).

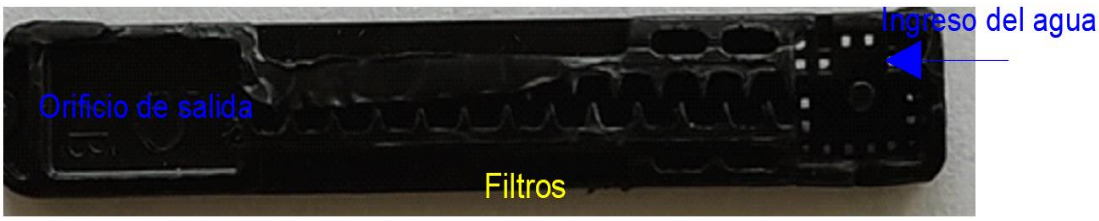
Figura 33. Comparación de funcionamiento entre gotero auto compensado y no compensado



Nota. Adaptado de Exponente de descarga de un gotero: cómo calcular su valor. Fuente: (Iagua, 2018)

Como se puede ver en la figura 31, cuando aumenta la presión en la cinta de goteo el gotero auto compensante va a seguir regando el mismo caudal, mientras que el no compensado aumentará su caudal.

Figura 34. Composición de gotero simple no compensado



Nota. Composición de gotero simple no compensado. Fuente: (Iagua, 2018)

El gotero no compensado tiene un pequeño filtro antes de dotar de agua a la planta, como se puede ver en la figura 32. A diferencia de este el gotero auto compensado tiene un mismo tipo de filtro, pero más sofisticado, con una membrana especial que ayuda a la regulación del caudal cuando aumenta la presión en la manguera. Debido a estas características el auto compensado tiene un costo elevado al compararlo con el no compensado, entonces, se debe escoger el tipo de gotero que se adapte al sistema de riego de mejor manera.

Para este sistema de riego se escogerá la cinta de riego con goteros no compensados, ya que al estar en un terreno plano la cama de cultivo la diferencia de nivel es nula, y al tener la tubería colectora que provee agua suficiente para todos los goteros no existirá desabastecimiento en ningún lugar del cultivo.

5. Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- El diseño del sistema de riego por goteo tiene la finalidad de poder dotar de agua eficiente y equitativamente a toda la finca, reducir desperdicios de agua y aprovechar al máximo la cantidad de agua que se obtiene del canal de riego Cayambe-Tabacundo.
- La investigación teórica realizada previamente a la elaboración del diseño fue fundamental para complementar la información, tales como los factores que influyen en un proyecto de riego, las características principales del sistema de goteo, todos sus componentes y los estudios previos de agua y suelos que se realizaron ya que con esos datos se determinó que si era posible usar esa agua para riego y el suelo es apto para el cultivo de rosas.
- El sistema de riego se diseñó para funcionar al menos 8 horas al día, 6 días a la semana, con el fin de garantizar el óptimo crecimiento del cultivo. Es importante tener esta frecuencia debido a la alta demanda de agua que necesitamos diariamente para el desarrollo del cultivo.
- La base de este diseño estuvo en reunir información sobre el lugar donde se ubica el proyecto, la accesibilidad al agua de riego, la distribución de los invernaderos en el terreno, y de red principal de goteo. También fueron determinantes los estudios de suelos y agua realizados, ya que con esos datos pudimos determinar que el suelo es apto para el cultivo y que el agua proveniente del canal de riego Cayambe-Tabacundo es de buena calidad y se la puede usar para el funcionamiento del riego por goteo.
- Para obtener los resultados deseados en el programa NAANCAT, se tuvo que tomar en cuenta varias recomendaciones y especificaciones técnicas de las tuberías tales como la

presión de trabajo máxima a la que trabajan las tuberías de riego, los espesores y diámetros nominales existentes en el mercado nacional y la máxima velocidad de flujo permisible. Fueron necesarias varias iteraciones en el programa para que los resultados cumplan con todos los parámetros mencionados previamente.

- La instalación de la tubería colectora es ideal para este sistema debido a las condiciones que se presentan, como las grandes longitudes de las cintas de goteo, donde si no se tuviera la colectora, lo más probable es que existan problemas de escasez de agua en las zonas más alejadas a la válvula de control, y esto ocasiona que las plantas afectada no tengan el desarrollo óptimo por lo tanto el producto a obtenerse no cumple las cualidades para ser exportado.

5.2 Recomendaciones

- Es importante que todos los componentes del sistema de irrigación tengan un seguimiento adecuado, para mantenerlos en buen estado y así mantener la eficiencia en el riego. Esto incluye el lavado de los elementos de fertirrigación, como los filtros y tanques, lavado de tubería colectora y de cintas de goteo para evitar el taponamiento.
- Es importante un adecuado estudio de suelos y agua, ya que esto nos ayuda a determinar si estos recursos son aptos para el sistema de riego y cultivo el cuál se está diseñando, siempre el mejor tipo de suelo para cultivo de rosas es el franco arenoso, ya que este posee las características de textura ligera y capacidad baja de retención de humedad.
- Para que el funcionamiento del sistema tenga la eficiencia deseada, se debe tener a una persona con suficiente experiencia que controle la programación del riego y el funcionamiento del mismo, para que pueda detectar cuando exista un problema con algún componente del riego, como filtros o válvulas, también verificar la correcta mezcla de

fertilizantes previo a usar el sistema, ya que si se mezclan sustancias equivocadas estas pueden tener una reacción química y llegar a obstruir las tuberías o cintas de goteo.

- Las consideraciones de diseño que se tienen para ingresar los datos de entrada en el software NAANCAT son claves para que el diseño sea satisfactorio. Entre estos parámetros tenemos: el modelo hidráulico que usa el programa, el tipo de material que deseamos utilizar, las presiones de trabajo y diámetros de las tuberías, la velocidad máxima permisible que se requiere utilizar. Finalmente, es importante verificar que los resultados que obtenemos sean los coherentes y cumplan con todas las especificaciones mencionadas.

6. Bibliografía

Agrobiolab. (01 de 08 de 2022). *Muestras de laboratorio de suelos y agua.* Obtenido de http://www.grupoclinicagricola.com/agrobiolab.html

Arias, J. (15 de 06 de 2022). Sistema de riego por goteo . (J. Narváez, Entrevistador)

Banariego. (s.f.). Obtenido de Cintas de Goteo: https://banariego.com/cintas-de-goteo/#:~:text=Es%20la%20tuber%C3%ADa%20de%20pared,y%20uniforme%20en%20el%20riego.

Bayabil, H. M. (14 de Diciembre de 2020). Obtenido de Consejos básicos para diseñar sistemas eficientes de riego: https://edis.ifas.ufl.edu/publication/AE549

Carbotecnia. (25 de Octubre de 2021). Obtenido de Filtro de discos: https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/filtracion-de-agua-liquidos/que-son-los-filtros-de-discos/

CIP. (05 de 2020). *REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA.* Obtenido de https://www.cip.org.ec/attachments/article/1579/PROPUESTA%20ANEXO%201.pdf

Ditecnia. (01 de 09 de 2022). *Soluciones en infraestructura y proyectos de agua potable y alcantarillado.* Obtenido de https://www.ditecnia.com.ec/

Galdiano, M. (2016). *Instalador/ mantenedor de riego por goteo.* Madrid: ICB Editores. Recuperado el 17 de 05 de 2022, de https://www.digitaliapublishing.com/a/109313/instalador-/-mantenedor-de-riego-por-goteo

Googe Earth. (01 de 09 de 2022). *Mapas.* Obtenido de https://www.google.com/intl/es/earth/

Hydro Environment. (2022). Obtenido de ¿Que es el sistema Venturi?: https://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=427

Iagua. (5 de Enero de 2018). Obtenido de Uso de ventosas en instalaciones de riego: https://www.iagua.es/noticias/saleplas/uso-ventosas-instalaciones-riego

InfoAgro. (n.d.). Obtenido de Análisis de suelos (1era parte): https://www.infoagro.com/abonos/analisis_suelos.htm

Ingemecánica. (2022). *Sistemas de Riego*. Obtenido de https://ingemecanica.com/tutoriales/tutoriales.html#riego

Instituto Israelí de Exportación y Cooperación. (Junio de 2015). Obtenido de ISRAEL Industria agrotecnológica: https://www.export.gov.il/files/publications/agrospanishjune.pdf

Laboratorio ABM. (18 de Mayo de 2017). Obtenido de ¿Qué es el agua blanda?: https://laboratorioabm.com/tratamiento-de-agua/que-es-el-agua-blanda/

LAMA. (2021). *FILTROS DE ARENA PARA RIEGO*. Obtenido de https://lama.es/filtros-arena-para-riego/

Maher. (2021). Obtenido de FERTIRRIEGO CON SISTEMA VENTURI: https://www.maherelectronica.com/fertirrigacion-sistema-venturi/

Maher. (2021). Obtenido de PROGRAMADOR DE RIEGO AGRÍCOLA, FERTI 8000: https://www.maherelectronica.com/riego-hidroponico-y-fertirrigacion/programador-agricola-ferti-8000/

Martinez, F. (2014). Introducción al Riego. En F. Martinez, *Introducción al Riego* (pág. 11). Valencia: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. Recuperado el 18 de 07 de 2022, de https://es.scribd.com/document/463706043/Libro-Introduccion-al-Analisis-de-Riesgo-jesus-martinez-pdf

Mendoza, A. (03 de 2013). *Riego por Goteo.* Recuperado el 15 de 01 de 2022, de file:///C:/Users/KEYERMAN/Downloads/Gu%C3%ADa-de-Sistemas-de-Riego-por-Goteo-PDF-CultivandoFlores.Com_.pdf

Mendoza, J. (Marzo de 2013). Obtenido de Riego por Goteo: https://cultivandoflores.com/wp-content/uploads/2020/06/Gu%C3%ADa-de-Sistemas-de-Riego-por-Goteo-PDF-CultivandoFlores.Com_.pdf

Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca. (30 de 10 de 2020). *Rosas ecuatorianas para exportarse a Estados Unidos*. Obtenido de https://www.produccion.gob.ec/rosas-sin-arancel-a-eeuu/

Monge, M. (4 de Junio de 2019). Obtenido de Las tuberías y su caracterización (parte III): https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/tuberias-y-caracterizacion-parte-iii

Monge, R. (26 de Mayo de 2016). Obtenido de Exponente de descarga de un gotero: cómo calcular su valor: https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/exponente-descarga-gotero-como-calcular-valor

NAANDANJAIN. (2022). Obtenido de Quienes Somos: https://naandanjain.com/naancat-irrigation-software/?lang=es

Netafim. (2022). Obtenido de Riego por Goteo: https://www.netafim.com/es-pe/drip-irrigation/

Netafim. (03 de 2022). *Válvulas de control de riego.* Obtenido de https://www.netafim.com/en/products-and-solutions/product-offering/valves/

Novagric. (2022). Obtenido de Filtros para Riego por Goteo: https://www.novagric.com/es/riego/materiales-de-riego/filtros-riego-por-goteo

Novagric. (s.f.). Obtenido de Tubos de Riego: https://www.novagric.com/es/riego/materiales-de-

riego/tubos-de-riego

Novagric. (s.f.). Obtenido de Invernaderos para Cultivo de Rosas: https://www.novagric.com/es/invernaderos-rosas

Otto, W. (2021). *Proyecto de riego Leito.* Ambato.

Pineda, J. (s.f.). Obtenido de Qué son los Suelos Francos: https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/suelos-francos/

Prefectura de Pichincha. (13 de 12 de 2017). *Sistema de riego Cayambe - Pedro Moncayo*. Obtenido de https://www.pichincha.gob.ec/gestion/riego/159-sistema-de-riego-cayambe-pedro-moncayo

Radio Pichincha. (10 de Octubre de 2020). Obtenido de Después de 40 años el Gobierno de Pichincha recibe la obra del Canal de Riego Cayambe-Pedro Moncayo: https://www.pichinchacomunicaciones.com.ec/despues-de-40-anos-el-gobierno-de-pichincha-recibe-la-obra-del-canal-de-riego-cayambe-pedro-moncayo/

Riego Ecuador. (28 de 09 de 2022). *Automatización y accesorios*. Obtenido de https://www.riegoecuador.com

TiendaIUSA. (2018). Obtenido de Tee hembra de PVC: https://www.tiendaiusa.com/tee-hembra-de-pvc#:~:text=La%20conexi%C3%B3n%20tee%20hembra%20de,permitir%20la%20conducci%C3%B3n%20de%20agua.

Traxco. (10 de Octubre de 2010). Obtenido de Historia ancestral del riego agrícola: https://www.traxco.es/blog/noticias-agricolas/historia-ancestral-del-riego

Anexos

Anexo 1

Plano de finca distribución de bloques

Plano de finca red de goteo

Anexo 2

Análisis de estudio de suelos

Análisis de estudio de agua