



Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional de Loja

## Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

### Carrera de Ingeniería Agrícola

Diseño de un sistema de riego por goteo para el cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*), en la parroquia Limones, cantón Zapotillo, provincia de Loja.

Trabajo de Titulación previo a  
la obtención del título de  
Ingeniero Agrícola

#### AUTOR:

Vinicio Leonardo Requena Castillo

#### DIRECTOR:

Ing. Jimmy Javier Cordero, M.Sc.

Loja – Ecuador

2024

Educamos para Transformar

## Certificación

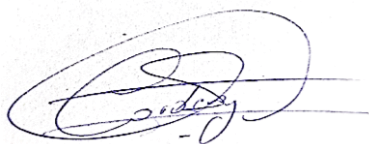
Loja, 10 de agosto de 2023

Ing. Jimmy Javier Cordero, M.Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño de un sistema de riego por goteo para el cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*), en la parroquia Limones, cantón Zapotillo, provincia de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrícola**, de la autoría del estudiante **Vinicio Leonardo Requena Castillo**, con cédula de identidad Nro. **1150676425**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Jimmy Javier Cordero, M.Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, **Vinicio Leonardo Requena Castillo**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:** 

**Cédula de identidad:** 1150676425

**Fecha:** 16/11/2023

**Correo electrónico:** [vinicio.requena@unl.edu.ec](mailto:vinicio.requena@unl.edu.ec)

**Teléfono o Celular:** 0979905158


**Carta de autorización por parte del autor/a, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación**

Yo, **Vinicio Leonardo Requena Castillo**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación: **Diseño de un sistema de riego por goteo para el cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*), en la parroquia Limones, cantón Zapotillo, provincia de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrícola**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrícola**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinte y uno días del mes de agosto del 2023.

**Firma:** 

**Autor:** Vinicio Leonardo Requena Castillo

**Cédula:** 1150676425

**Dirección:** Unión Lojana

**Correo electrónico:** [vinicio.requena@unl.edu.ec](mailto:vinicio.requena@unl.edu.ec)

**Teléfono o Celular:** 0979905158

**DATOS COPLEMENTARIOS**

**Director del Trabajo de Titulación:** Ing. Jimmy Javier Cordero, M.Sc.

## **Dedicatoria**

El presente Trabajo de Titulación le dedico primeramente a Dios, ya que gracias a él he logrado culminar mi carrera, a mis padres, porque ellos siempre estuvieron brindándome su apoyo incondicional, a mi mamita Emma Cisneros que me brindo sus consejos y sabidurías para ser de mí una mejor persona, a mi hijo y compañera de vida que son mi inspiración para seguir luchando y conseguir todas las metas propuestas.

**Vinicio Leonardo Requena Castillo**

## **Agradecimiento**

Primeramente, agradezco a Dios por la vida, a la Universidad Nacional De Loja ya que gracias a ella pude convertirme en un profesional, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, a la carrera de Ingeniería Agrícola por permitirme ser parte de ella, agradecer a la planta docente que hizo parte de este proceso integral de formación, en especial a mi director de tesis el Ing. Jimmy Javier Cordero Mg. Sc. que con sus conocimientos y saberes que me ha brindado he podido culminar el proyecto. Así mismo y de igual manera al Ing. Pedro Guaya y también al Ing. Jorge Jaramillo por su aporte necesario para realizar de la mejor manera el trabajo final. A mi compañero y amigo Daniel Guamán por brindar su aporte al presente trabajo durante su desarrollo; agradecer a mis hermanas y hermano por siempre estar ahí para mí cuando se los necesita, simplemente muchas gracias a todos.

**Vinicio Leonardo Requena Castillo**

## Índice de contenidos

<b>Certificación</b> .....	ii
<b>Autoría</b> .....	iii
<b>Carta de autorización</b> .....	iv
<b>Dedicatoria</b> .....	v
<b>Agradecimiento</b> .....	vi
<b>Índice de contenido</b> .....	xi
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras .....	xii
Índice de anexos .....	xiii
<b>1. Título</b> .....	1
<b>2. Resumen</b> .....	2
<b>2.1. Abstract</b> .....	3
<b>3. Introducción</b> .....	4
<b>4. Marco teórico</b> .....	7
4.1. Agriculturas Campesinas .....	7
4.2. Producción Agrícola .....	7
4.3. El agua en la Agricultura .....	8
4.4. El riego en Ecuador .....	8
4.4.1. La tecnificación de la agricultura familiar bajo riego en Ecuador.....	9
4.5. Gestión del agua en Ecuador .....	9
4.6. El suelo en la agricultura.....	10
4.6.1. Propiedades físicas del suelo .....	10
4.6.2. Contenido de agua en el suelo .....	14
4.6.3. Energía del agua en el suelo .....	15
4.6.4. Curva de retención de humedad del suelo .....	16
4.6.5. Evaluación de las condiciones físicas del suelo .....	18
4.6.6. Infiltración del agua en el suelo.....	19
4.7. El riego .....	22
4.7.1. Calidad del agua para riego .....	22
4.8. Sistemas de Riego.....	23
4.9. Métodos de Riego .....	23
4.9.1. Riego por superficie .....	23

4.9.2. Riego por Aspersión .....	23
4.9.3. Riego por microaspersión.....	24
4.9.4. Riego por Goteo.....	24
4.9.5. Componentes del sistema de riego por goteo .....	25
4.10. Diseño de sistema de riego por goteo .....	29
4.10.1. Diseño Agronómico .....	29
4.10.2. Parámetros de riego.....	32
4.11. Diseño Hidráulico .....	32
4.11.1. Pérdidas de cargas en la tubería.....	33
4.12. Cultivo de cebolla ( <i>Allium cepa L.</i> ).....	34
4.12.1. Clasificación .....	34
4.12.2. Origen de la cebolla .....	34
4.12.3. Botánica y morfología.....	34
4.12.4. El cultivo de cebolla en Ecuador .....	35
4.12.5. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo .....	35
4.12.6. Requerimientos hídricos del cultivo de cebolla.....	36
<b>5. Metodología .....</b>	<b>37</b>
5.1. Ubicación del área de estudio.....	37
5.1.1. Coordenadas geográficas .....	37
5.2. Aspectos biofísicos .....	38
5.2.1. Factores climáticos .....	38
5.2.2. Suelos .....	38
5.3. Materiales y equipos de campo .....	38
5.4.1. Propiedades físicas del suelo .....	39
5.4.2. Curva de retención de humedad del suelo.....	40
5.4.3. Evaluación de las condiciones físicas del suelo .....	40
5.4.4. Velocidad de infiltración de agua en el suelo.....	40
5.5. Metodología para el segundo objetivo.....	42
5.5.1. Topografía de la zona.....	42
5.5.2. Medición del caudal para riego .....	42
5.5.3. Calidad de agua .....	43
5.5.4. Diseño agronómico .....	43
5.5.5. Dosis, frecuencia y tiempo de riego.....	51
5.5.6. Diseño hidráulico.....	52



5.6. Diseño de reservorio .....	55
5.7 Bomba para riego.....	56
5.8. Metodología para el tercer objetivo .....	56
<b>6. Resultados</b> .....	<b>58</b>
6.1 Determinación de la superficie de riego .....	58
6.2 Caudal y descripción de la fuente abastecedora.....	59
6.3. Descripción de los horizontes de la calicata .....	59
6.4. Calidad del agua para riego .....	60
6.5. Resultados del primer objetivo .....	61
5.5.1. Propiedades físicas del suelo .....	62
6.5.2. Constantes físicas e hidrofísicas del suelo .....	63
6.5.3. Evaluación de las condiciones físicas del suelo .....	64
6.5.4. Curva de retención de humedad del suelo.....	64
6.5.5. Velocidad de infiltración de agua en el suelo.....	66
6.6 Resultados del segundo objetivo .....	66
6.6.1. Diseño Agronómico .....	66
6.6.2. Diseño hidráulico.....	69
6.6.3. Diseño del reservorio .....	74
6.6.4. Bomba para riego.....	76
6.7. Resultados del tercer objetivo .....	77
<b>7. Discusiones</b> .....	<b>79</b>
7.1. Realizar la caracterización de las propiedades físicas y químicas del suelo del área de estudio.....	79
7.1.1. Descripción del perfil del suelo .....	79
7.1.2. Propiedades físicas y químicas del suelo .....	79
7.1.3. Calidad del agua para riego .....	81
7.1.4. Curva de retención de humedad del suelo.....	81
7.1.5. Velocidad de infiltración de agua en el suelo.....	82
7.2 Diseñar un sistema de riego por goteo acorde a los requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de cebolla ( <i>Allium cepa</i> ), en la parroquia Limones, cantón Zapotillo.....	82
7.2.1. Diseño Agronómico .....	82
7.2.2. Diseño Hidráulico .....	83
7.2.3. Diseño del reservorio .....	84
7.2.4. Bomba para riego.....	85

7.3. Determinar el costo de inversión para implementar el sistema de riego en el cultivo de cebolla ( <i>Allium cepa L.</i> ).....	85
7.3.1. Costos del sistema de riego por goteo.....	85
<b>8. Conclusiones</b> .....	87
<b>9. Recomendaciones</b> .....	88
<b>10. Bibliografía</b> .....	89
<b>11. Anexos</b> .....	89

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Densidad aparente en función de la textura del suelo. ....	12
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de la porosidad para distintas texturas del suelo.....	13
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de la velocidad de infiltración básica.....	20
<b>Tabla 4.</b> Taxonomía y morfología de la planta de cebolla.....	34
<b>Tabla 5.</b> Estaciones meteorológicas para obtener precipitación efectiva.....	45
<b>Tabla 6.</b> Valor del caudal obtenido por el aforo volumétrico.....	59
<b>Tabla 7.</b> Resultados de los análisis de agua de riego.....	61
<b>Tabla 8.</b> Características físicas y morfológicas del pedón.....	62
<b>Tabla 9.</b> Constantes físicas e hidrofísicas del perfil del suelo.....	64
<b>Tabla 10.</b> Clasificación de la clase textural del suelo de cada horizonte.....	64
<b>Tabla 11.</b> Requerimientos de riego para el cultivo de cebolla. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Tabla 12.</b> Necesidades de riego, necesidades brutas y caudal ficticio continuo.....	68
<b>Tabla 13.</b> Parámetros de riego.....	68
<b>Tabla 14.</b> Diseño de las tuberías principal, secundaria y laterales de riego.....	69
<b>Tabla 15.</b> Carga dinámica total por sectores.....	74
<b>Tabla 16.</b> Valores del diseño hidráulico del reservorio.....	74
<b>Tabla 17.</b> Datos de la bomba para riego.....	77
<b>Tabla 18.</b> Presupuesto total del proyecto de investigación.....	78

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Triángulo textural de los suelos. ....	11
<b>Figura 2.</b> Estructura del suelo. ....	11
<b>Figura 3.</b> Curvas características para suelos con diferentes texturas. ....	16
<b>Figura 4.</b> Diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo. ....	18
<b>Figura 5.</b> Ubicación del sitio de estudio. ....	37
<b>Figura 6.</b> Plano topográfico del sector de estudio. ....	58
<b>Figura 7.</b> Horizontes del perfil del suelo. ....	60
<b>Figura 8.</b> Porcentaje de la textura del horizonte 1. ....	62
<b>Figura 9.</b> Porcentaje de la textura del horizonte 2. ....	63
<b>Figura 10.</b> Curva de retención de humedad del horizonte 1. ....	65
<b>Figura 11.</b> Curva de retención de humedad del horizonte 2. ....	65
<b>Figura 12.</b> Diseño hidráulico del sistema de riego. ....	71
<b>Figura 13.</b> <i>Detalles constructivos del diseño hidráulico.</i> ....	72
<b>Figura 14.</b> Detalles constructivos ....	73
<b>Figura 15.</b> Plano del diseño de reservorio. ....	75
<b>Figura 16.</b> Requisitos seleccionados para la bomba. ....	76

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Construcción de la calicata para descripción del perfil de suelo. ....	102
<b>Anexo 2.</b> Descripción del perfil de suelo. ....	102
<b>Anexo 3.</b> Determinación y análisis de las propiedades físicas del suelo. ....	102
<b>Anexo 4.</b> Análisis de las propiedades químicas del suelo. ....	105
<b>Anexo 5.</b> Análisis de la calidad del agua de riego. ....	106
<b>Anexo 6.</b> Aforo volumétrico para determinar el caudal de la zona de estudio. ....	107
<b>Anexo 7.</b> Diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo. ....	107
<b>Anexo 8.</b> Colocación del cilindro de doble anillo para prueba de infiltración básica. ....	109
<b>Anexo 9.</b> Valores de velocidad de infiltración básica (VIB). ....	109
<b>Anexo 10.</b> Fase fenológicas y Kc del cultivo de cebolla. ....	111
<b>Anexo 11.</b> Estaciones meteorológicas consideradas en el estudio. ....	111
<b>Anexo 12.</b> Cinta de goteo para riego. ....	112
<b>Anexo 13.</b> Fórmulas utilizadas para el diseño agronómico del sistema de riego por goteo. ....	112
<b>Anexo 14.</b> Ecuaciones utilizadas para el diseño hidráulico del sistema de riego por goteo. ....	116
<b>Anexo 15.</b> Fórmula aplicada para obtener la carga dinámica total. ....	121
<b>Anexo 16.</b> Fórmulas aplicadas para el diseño de reservorio. ....	122
<b>Anexo 17.</b> Bomba para riego modelo trifásica F40/160C. ....	124
<b>Anexo 18.</b> Predio caracterizado por sectores de riego. ....	125
<b>Anexo 19.</b> Presupuesto general del sistema de riego y del reservorio. ....	126
<b>Anexo 20.</b> Certificado de traducción del español al idioma inglés. ....	129

## **1. Título**

Diseño de un sistema de riego por goteo para el cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*), en la parroquia Limones, cantón Zapotillo, provincia de Loja.

## 2. Resumen

Se realizó el diseño de un sistema de riego por goteo para el cultivo de cebolla en 10 000 m<sup>2</sup>, de una finca familiar de la parroquia Limones, cantón Zapotillo, provincia de Loja. Con el fin de optimizar el uso del agua. Primeramente, se analizó el suelo obteniendo datos sobre sus propiedades hidrofísicas y nutrientes. Así, mismo se determinó las necesidades hídricas del cultivo en 4,42 mm/día. El área se dividió en 4 sectores, el sector que requiere de más demanda de agua es el sector 1 que requiere de 18 m<sup>3</sup>. Lámina más crítica de riego se estableció en 7 mm/día para el mes de octubre, con una frecuencia de riego de cada 2 días y un tiempo de riego de 42 minutos por sector. En el diseño hidráulico se estableció la red principal con una longitud de 124 m y diámetro nominal de 75 mm, la secundaria con una longitud de 81 m y se determinó un diámetro nominal de 47 mm y las laterales con una longitud de 89 m y 16mm de diámetro, con un caudal del gotero de 1 l/h. También se consideró la calidad del agua, la cual se clasificó como semidura, con un pH de 7,8 y una conductividad eléctrica de 0,51 mS/cm. Dentro del sistema también incluyó el diseño un reservorio para almacenar agua, resultando las dimensiones de 4,60 m \* 3,90 m en la parte superior y 2,90 m \* 2,20 m en la parte inferior, con un talud de 0,5 m, obteniendo un volumen total de almacenamiento de 20 m<sup>3</sup>. Por otro lado, se seleccionó una bomba trifásica F40/160C de 3 HP, con un caudal de 400 L/min para cubrir las necesidades energéticas a todo el sistema. Finalmente se obtuvo el costo de la instalación que será de \$ 5 976 USD. Este proyecto permitirá así, mejorar la productividad del cultivo de cebolla, utilizando eficientemente el agua y el suelo de acuerdo a los requerimientos hídricos del cultivo para la zona.

**Palabras clave:** Cultivo de cebolla, Riego por goteo, Análisis de agua, Diseño agronómico e hidráulico, Bomba para riego.

## 2.1. Abstract

The design of a drip irrigation system was carried out for the cultivation of onion in 10,000 m<sup>2</sup>, in a family farm in the Lemons community, Zapotillo town, Loja city. With the purpose to optimize the use of water. First, the soil was analysed obtaining data on its hydro – physical and nutrient properties. In addition, the hydric water needs of the crop were determined at 4.42 mm/day. The area was divided into 4 places, the place that requires the most water demand is sector 1, which requires 18 m<sup>3</sup>. The most critical piece of ground irrigation level was established at 7 mm/day for the month of October, with an irrigation frequency of 2 days with an irrigation time of 42 minutes each sector. In the hydraulic design was established the principal irrigation line with a length of 124 m and a nominal diameter of 75 mm, the secondary irrigation line with a length of 81 m and a nominal diameter of 47 mm and the lateral irrigation line with a length of 89 m and 16 mm of diameter, with a drip water flow rate of 1 l/h. Also, the quality of the water was considered too, which was classified as semi-hard, with a pH of 7.8 and an electrical conductivity of 0.51 mS/cm. Inside the system, was too included the design of a reservoir to store water, as a result with the following dimensions of 4.60 m \* 3.90 m at the top and 2.90 m \* 2.20 m at the bottom, with a slope of 0. .5 m, obtaining a total storage volume of 20 m<sup>3</sup>. For other hand, was selected a three-phase pump F40/160C of 3 HP, with a flow rate of 400 L/min to cover the energetic needs of all system. Finally, was obtained the installations cost that which will be, \$5,976 USD. This project will permit thus, improve the productivity of onion crop, using efficiently water and soil according to the hydric water requirements of the crop for this area.

**Keywords:** Onion crop, Drip irrigation, Water analysis, Agronomic and hydraulic design, Irrigation pump.



### 3. Introducción

La agricultura es una de las actividades más antiguas que realiza el hombre y uno de los factores que se ha hecho difícil de controlar desde entonces es el clima. En diversas ocasiones se han presentado graves problemas por el exceso de agua producto de las precipitaciones, y de igual manera inconveniente cuando existe escasez. Es así, que el agua para uso y consumo, ha pasado hacer el recurso natural más valioso en todo el planeta (Intriago & Sacón, 2012).

Sin embargo, el volumen de agua en el mundo es de 1386 millones de kilómetros cúbicos, pero solo el 1% de este volumen es agua dulce. De este valor, la agricultura es el sector que consume la mayor cantidad de agua, en ella se utilizan más de las dos terceras partes disponibles. Por otro lado, el aumento poblacional, la urbanización, la expansión de la agricultura, la deforestación, las malas prácticas agrícolas y la contaminación de las fuentes hídricas han hecho que el agua sea un bien cada vez más escaso y demandado, por lo que se ha convertido en un asunto estratégico para la seguridad alimentaria (IICA, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura 2017).

Por ello, el agua para riego es un recurso que cada día se limita tanto cuantitativa como cualitativamente debido al crecimiento acelerado de las demandas para uso doméstico e industrial, por lo que es necesario el uso más racional de la misma, la cual debe de ser utilizada de manera eficiente en los sistemas productivos bajo riego (Álvarez, 2020).

En el Ecuador se estima que alrededor de 180,000 ha, se encuentran ubicadas en ambientes de escasas e irregulares precipitaciones lo que constituye una de las principales causas para la obtención de bajos rendimientos, por lo cual nace la necesidad de aprovechar de manera eficiente el recurso hídrico (Subsecretaría de Riego y Drenaje, 2019).

Mientras tanto, a nivel de la provincia de Loja la superficie cubierta por los sistemas de riego públicos transferidos y no transferidos es de 24 483,84 ha, de las cuales 15 496 ha son regables. El cantón cuenta con el Sistema de riego Zapotillo que nace de una propuesta de desarrollo sectorial, quizá la más importante que ejecutó la extinta PREDESUR (Programa de Desarrollo del Sur), en la provincia de Loja por el año 1998 constituyó un desafío Institucional que asumió todas las implicaciones tecnológicas, financieras, sociales y políticas que se derivaron de su construcción y puesta en operación. El sistema de riego se ubica en la zona sur occidental de la Provincia de Loja, en la cuenca hidrográfica binacional del río Catamayo-Chira, es decir con el nombre de Catamayo en el Ecuador y Chira en el Perú. Las aguas utilizadas del

río Catamayo, cuyos orígenes se encuentran en la cordillera de los Andes alcanza un recorrido de casi 200 km, con una dirección general NE-SW, cubre una superficie bruta de 13 000 ha, 8 764 ha son consideradas potencialmente productivas y 7 886 ha, corresponden al área neta de riego (GADPL, Gad Administrativo Descentralizado Parroquial Limones, 2017).

En la zona de influencia del canal de riego de Zapotillo, existen 500 propietarios beneficiados, de los cuales 18 propietarios concentran grandes cantidades de tierra, por lo general las UPA's son mayor a 100 hectáreas, en cambio 362 beneficiarios disponen de lotes comprendidos entre 0,1 a 10 hectáreas, mientras que 61 beneficiarios disponen de 10 a 20 hectáreas y los 59 beneficiarios restantes cuentan con terrenos comprendidos entre mayor a 20 ha, pero menor a 100 ha. La infraestructura del canal de riego tiene un radio de influencia para 8337,18 hectáreas, de las cuales 7481,45 son regables, pero que en la actualidad se está regando 2066, 87 ha, es decir que el sistema de riego, a pesar de llevar varios años en su culminación solo riega el 27,62% de la superficie. En el patrón de cultivos en la zona de influencia del canal de riego los cultivos que más superficie ocupan para el riego son: el maíz con 1020,52 ha, segundo está el cultivo de arroz 598,50 ha y en tercer lugar el cultivo de cebolla con 245,78 ha (PDOTZ, Plan de Desarrollo Ordenamiento Territorial Zapotillo, 2019).

Según Morillo (2016), la agricultura es la base del desarrollo cantonal de Zapotillo, por lo tanto una de las actividades más importantes y significativas, por lo que ocupa gran parte de la fuerza laboral de la población económicamente activa. El trabajo agrícola se halla concentrada en las 3 300 ha de superficie de territorio, donde el 46% le pertenece al cultivo de cebolla. Por lo tanto, la cebolla es uno de los monocultivos de mayor trascendencia en la economía, ocupa aproximadamente 400 ha de territorio, con una producción anual estimada de 320 000 quintales, es decir un rendimiento de cerca de 800 qq/ha. Producción que se destina a los mercados y consumidores de las provincias de Guayas, el Oro y Loja. Aunque la rentabilidad parece adecuada, los productores se enfrentan a factores que afectan los ingresos, como lo son: la producción ilegal desde el país vecino Perú, dedicación al monocultivo y uso, inadecuada aplicación de fertilizantes, falta del manejo del recurso hídrico, que es en el cual se centra el presente proyecto de investigación, ya que al contar con un sistema de riego presurizado de alta frecuencia sería lo más factible y beneficioso para los productores, mejorando así el rendimiento de sus cultivos (GADPL, 2017).

Considerando la escasez del recurso hídrico y las inadecuadas técnicas de riego utilizadas que por lo general producen daños a las propiedades físicas y químicas del suelo y

que no permiten tener una buena eficiencia de aplicación en el sector de la parroquia Limones perteneciente al cantón Zapotillo, se pretende dar respuesta a la siguiente interrogante; ¿Cómo utilizar de manera eficiente el agua de riego, para mejorar la productividad del cultivo de cebolla, en la parroquia Limones, cantón Zapotillo? Con base a la presente interrogante se plantearon los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Diseñar un sistema de riego por goteo para el cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*) en la parroquia Limones, cantón Zapotillo.

### **Objetivos específicos**

- Realizar la caracterización de las propiedades físicas y químicas del suelo del área de estudio.
- Diseñar un sistema de riego por goteo acorde a los requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*), en la parroquia Limones, cantón Zapotillo.
- Determinar el costo de inversión para implementar el sistema de riego en el cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*).

## **4. Marco teórico**

### **4.1. Agriculturas Campesinas**

La agricultura campesina se encuentra en la base de la subsistencia de las comunidades poco desarrolladas económicamente, con niveles y calidad de energía limitada fundamentalmente a la mano de obra del hombre y sistema de información a los métodos tradicionales, contrasta con la agricultura moderna que incluye el apoyo de la ciencia occidental, y se refleja en aumento limitado de calidad y cantidad de energía utilizada, sustituyendo en gran parte de la mano de obra, ampliando el material utilizable por nuevas formas de transformación y adoptando nuevos métodos de información. Esta agricultura redundante en excedentes que sirven de base al capitalismo a través de la comercialización (Marielle, 1996).

En Ecuador, la economía a partir de la agricultura se ha venido dando desde hace miles de años y es una de las fuentes económicas más importantes del país. La agricultura familiar campesina no solo es un sector más de la economía, es un sector especial que da un valor social, cultural e histórico, que lamentablemente en nuestra sociedad y en muchos países de América Latina se lo mira de manera residual. A pesar de todas estas complicaciones la agricultura familiar campesina constituye un importante generador de empleo, se estima a más de dos millones y medio de hombres y mujeres, lo que significa aproximadamente el 80 % de los empleos del sector agrícola (Ayora, 2016).

### **4.2. Producción Agrícola**

Sarandón (2020) argumenta que la agricultura es una de las actividades más importantes para los seres humanos por su contribución principalmente a la producción de alimentos, incluye todas las tareas pecuarias o ganaderas, otras de producción de fibras y servicios ecológicos esenciales, además la agricultura ocupa una gran extensión en el planeta.

La producción agrícola es el fruto de la siembra y cosecha en el campo, aunque una parte puede destinarse a alguna industria que le aporte un valor agregado. La producción agrícola pertenece al sector primario de la economía, y se caracteriza por desarrollarse fuera de las ciudades. Una de las particularidades de la producción agrícola es la dependencia del factor climático, factores naturales, el exceso de lluvia y riego, pueden ser perjudicial a los cultivos. Así, en caso de una fuerte sequía, grandes extensiones de cultivo pueden echarse a perder (Westreicher, 2020).

### **4.3. El agua en la Agricultura**

Desde tiempos ancestrales, el riego ha sido un factor esencial para el crecimiento de la agricultura y de la producción de alimentos. La superficie agrícola irrigada tuvo un crecimiento notable en los años 1800 y 1990. Entre 1900 y 1960 el ritmo de crecimiento de las tierras de riego fue de uno por ciento anual y a partir de ahí tuvo una aceleración que alcanzó tasas de 2,3 % de crecimiento anual entre 1972 y 1975. Sin embargo, después de ese incremento comenzó a disminuir paulatinamente hasta niveles inferiores al uno por ciento en los años siguientes. Esa disminución en la expansión de la superficie de riego, al combinarse con el incremento demográfico, produjo una baja sensible en la superficie regada por habitante (IICA, 2017).

El empleo del agua y su gestión han sido un factor esencial para elevar la productividad de la agricultura y asegurar una producción previsible. La gestión sostenible del agua, unida a una gestión adecuada del suelo, incrementan la productividad, contribuyendo a asegurar una producción mejor, tanto para el consumo directo como para el comercio, y generar excedentes económicos necesarios para elevar las economías rurales. La utilización del agua tanto en la agricultura de secano como en la de regadío será fundamental para afrontar las situaciones previstas de escasez de agua. Con el fin de obtener la mayor cantidad de cultivos posibles por volumen de agua, “más cultivos por gota” (FAO, 2002).

### **4.4. El riego en Ecuador**

El riego está íntimamente relacionado con el desarrollo territorial, la presencia de sistemas de riego en una determinada porción espacial da cuenta de procesos socio organizativos, agro productivos, de mejoramiento de la economía local y de las condiciones de vida familiar. Cuando el riego adquiere importancia local, suelen atenuarse los procesos migratorios, disminuye la presión social sobre la tierra, pero también, esto es muy importante, disminuye la presión sobre ecosistemas que suelen afectarse con la expansión de la frontera agrícola, como el páramo, los bosques, entre otros (Subsecretaría de Riego y Drenaje, 2019).

Según la FAO (2009) existen varias razones por las cuales el riego convencional no puede continuar creciendo a un ritmo tan acelerado como lo ha venido haciendo en las últimas décadas; entre las principales razones se puede decir que el costo real de regadío no se conoce. En la actualidad alrededor del 30% de las tierras regadas están siendo severamente afectadas, por lo que anualmente, el área regada se está reduciendo aproximadamente en el 1-2 % a causa de la salinización de las tierras.

Conscientes de la importancia que tiene el agua de riego para el desarrollo de la agricultura familiar en los territorios agrícolas y de los fuertes procesos organizativos ligados a este medio de producción, es adecuado un nuevo enfoque de desarrollo agrario, el cual permita la dinamización de la agricultura considerando como eje central “la gestión social del riego” y que desarrolle una agricultura sustentable, amigable con el ambiente, manejando de manera eficiente los recursos suelo y agua, con menor dependencia de insumos externos y mayor productividad y producción de insumos internos (Larrea & Sosa, 2014).

#### ***4.4.1. La tecnificación de la agricultura familiar bajo riego en Ecuador.***

Según Larrea & Sosa (2014), las inversiones realizadas en agricultura, tanto para riego y desarrollo productivo, siempre han estado orientadas a favor de los grandes terratenientes y hacia los sectores enfocados principalmente a la exportación. Tiempo atrás se habían construido nuevos sistemas, muchos de los cuales no fueron efectivos para su desempeño y se encuentran actualmente subutilizados. Por otra parte, el peso asignado al gasto en agricultura dentro del presupuesto general del Estado nunca ha superado el 10% de inversión y con tendencia al descenso. En el año 2004 y 2007, los porcentajes de inversión reflejan en promedio: “para riego, drenaje y control de inundaciones” el 42,3%, para “fomento, desarrollo y control de recursos hídricos” el 21,9% y para “fomento y desarrollo agropecuario” el 22,2%

#### **4.5. Gestión del agua en Ecuador**

Según el Plan Nacional de Riego y Drenaje (PNRD, 2021), el riego es de gran importancia para los sectores sociales, productivos y económicos del país, un aspecto que debe destacarse es que el riego implica el consumo de elevados volúmenes de agua, porque según el Banco Nacional de Autorizaciones de Agua (BNA) para el año 2020 el riego representa el 55,9% de tramites de un total de 62 838 autorizaciones de uso consuntivo y un caudal de 560,9 m<sup>3</sup>/s, es decir, el 82,2 %; lo que convierte al riego en el mayor uso consuntivo del recurso hídrico a nivel nacional. Las organizaciones de regantes juegan un papel fundamental en la administración del riego, a nivel comunitario tienen serias limitaciones al momento de afrontar los gastos de administración, operación y mantenimiento de los sistemas de riego. A nivel nacional la sub Secretaría de Riego y Drenaje ejerce las facultades de rectoría nacional, planificación, regulación y control. Además, debe realizar la gestión de los sistemas de riego binacionales, multipropósito y transitoriamente de los interprovinciales. La Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) y al Ministerio del Ambiente (MAE) les compete la emisión de las normativas que asegure la calidad del agua para riego.

Las políticas de Estado sobre la gestión del agua se describen como políticas públicas que, por lo general, son elaboradas y ejecutadas por los grupos de poder o con su influencia, sin involucrar a comunidades rurales, lo cual implica las contradicciones en la gestión del recurso. Esta situación ha generado el esfuerzo de las comunidades rurales por defender sus derechos de agua que están atados a sus territorios. En Ecuador, el movimiento campesino reivindicatorio del acceso al agua ha conseguido logros importantes, uno de los más relevantes ha sido consolidarse como sujetos del agua y la creación de sistemas de riego beneficiando a sus comunidades (Nieto et al., 2018).

#### **4.6. El suelo en la agricultura**

El suelo es la capa de tierra donde crecen las raíces y de donde las plantas extraen el agua y el alimento que necesitan para crecer y mantenerse sanas, está formado por minerales de roca madre mezclados con materiales orgánicos, agua, aire y organismos vivos (Matarrese, 2015). El suelo tarda miles de años en formarse y en muy poco tiempo se puede perder o degradar a causa de varios factores, entre los que se encuentran prácticas agrícolas inadecuadas, como sobreexplotación agrícola en suelos pobres; el sobrepastoreo en tierras frágiles; la deforestación en zonas secas y en las partes altas de las cuencas; y el uso inapropiado de las prácticas de riego, causantes de la erosión, salinización o alcalinización de los valles (Jnenburg, 2006).

##### **4.6.1. Propiedades físicas del suelo**

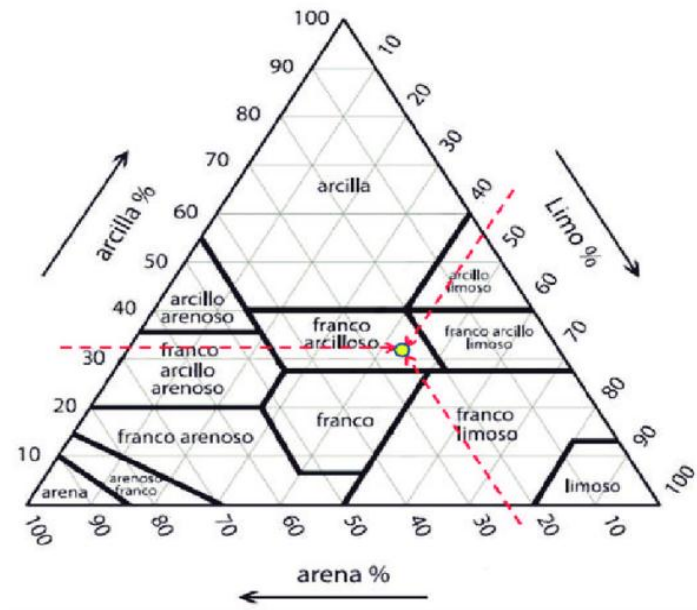
La condición física de un suelo determinan la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad y la retención de nutrientes (Rucks *et al.*, 2004).

##### **Textura**

García (2019), indica que la textura del suelo es la combinación y distribución de diferentes tamaños de las partículas elementales que lo forman. En función del tamaño, porosidad o absorción del agua en la partícula del suelo o sustrato, puede clasificarse en tres grupos básicos que son arena, limo y arcillas. La textura es una propiedad que influye decisivamente en el comportamiento del suelo respecto a su capacidad de retención de agua y nutrientes, su permeabilidad, su capacidad para descomponer la materia orgánica. Con la ayuda del triángulo textural y las porciones de partículas se puede determinar la clase textural del suelo que se esté estudiando (Figura 1).

**Figura 1.**

*Triángulo textural de los suelos.*



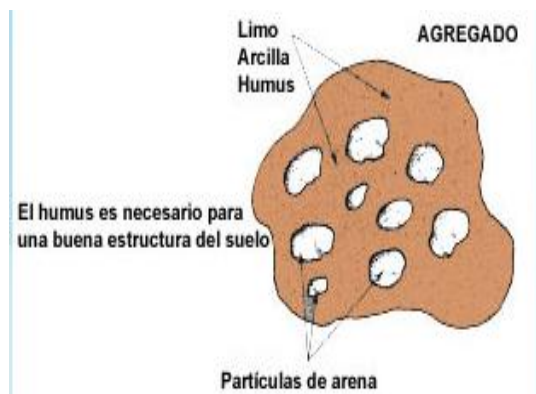
Fuente: López, (2016).

### **Estructura**

Según FAO (2009), la estructura del suelo se refiere a la organización natural de las partículas del suelo en unidades de suelo discretas agregados que resultan de procesos pedogenéticos, los agregados están separados entre sí mediante poros o vacíos (Figura 2). Para describir la estructura del suelo, es preferible cuando se encuentre en condición seca o ligeramente húmeda, para ello, se debe tomar un terrón de suelo grande del perfil, de varias partes del horizonte si es necesario, *in situ*.

**Figura 2.**

*Estructura del suelo.*



Fuente: FAO, (2009).



### Densidad Aparente (Da)

La densidad aparente del suelo se define como la masa de unidad de volumen de suelo seco (105° C), este volumen incluye, tanto sólidos como poros, por lo que la densidad aparente refleja la porosidad total del suelo. Valores de densidad aparente bajos por debajo de 1,3 kg  $dm^{-3}$  indican una condición porosa del suelo. La densidad aparente es un parámetro importante para la descripción de la calidad del suelo y la función del ecosistema. Los valores de densidad aparente altos indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, aireación reducida, y cambios indeseables en la función hidrológica como la reducción de la infiltración de agua (FAO, 2009). En la Tabla 1 se muestran los valores de densidad aparente de acuerdo a la textura del suelo.

$$Da = \frac{Pss}{V}$$

Donde:

Da: Densidad aparente ( $g/cm^3$ )

Pss: Peso del suelo seco (g)

V: Volumen total ( $cm^3$ )

**Tabla 1.**

*Densidad aparente en función de la textura del suelo.*

Textura	Da ( $g\ cm^{-3}$ ) <sup>3</sup>
Arena	1,4 - 1,6
Francos	1,3 - 1,4
Arcillas	1,1 - 1,3
Suelos orgánicos	0,7 - 1,1

Fuente: Cisneros, (2003).

### Densidad Real (Dr)

Ferreiro et al., (2007), menciona que la densidad real, es también conocida como densidad de sólidos o densidad de partículas, por lo tanto, se define como la masa de sólidos por unidad de volumen y viene dada por la siguiente expresión:

$$Dr = \frac{Ms}{Vs}$$

Donde:

**Dr** Densidad real ( $g/cm^3$ )

**Ms** Masa de sólidos ( $g$ )

**Vs** Volumen de sólidos de un suelo ( $cm^3$ )

### **Porosidad**

La porosidad, definida como la relación de volumen poroso respecto al volumen total del material, es una propiedad intrínseca de todas las rocas de yacimientos. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macroporos y microporos. Los primeros no retienen el agua contra la fuerza de la gravedad, y por lo tanto son los responsables del drenaje y la aireación del suelo, constituyendo, además, el principal espacio en el que se desarrollan las raíces. Los segundos son los que retienen agua, parte de la cual es disponible para las plantas. La porosidad total o espacio poroso del suelo, es la suma de macroporos y microporos. Las características del espacio poroso, dependen de la textura y la estructura del suelo (Rucks et al., 2004). En la Tabla 2 se puede observar la clasificación de la porosidad de acuerdo a la textura.

$$\Phi = \frac{V_p}{V_t}$$

Donde:

$\Phi$ : Porosidad

$V_p$ : Volumen poroso

$V_t$ : Volumen total

### **Tabla 2.**

*Clasificación de la porosidad para distintas texturas del suelo.*

<b>Textura</b>	<b>Porosidad (%)</b>
Arenosa	32 - 42
Franca	43 - 49
Franca arcillosa	47 - 51
Arcillosa	51 - 55

Fuente: Portal Frutícola, (2017).

### **Profundidad efectiva**

Centeno (2017) describe que la profundidad efectiva de un suelo es el espacio en que las raíces de las plantas pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua

y los nutrientes indispensables. Mientras tanto que, Duran (2017) señala que la profundidad efectiva es el espacio en que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrientes indispensables. En un suelo profundo las plantas resisten mejor las sequías, ya que ha mayor profundidad hay más capacidad de retención de humedad.

#### **4.6.2. Contenido de agua en el suelo**

El suelo es una matriz sólida, no rígida, compuesta de aproximadamente 50% de partículas minerales y orgánicas y 50% de espacio poroso ocupado por aire y agua. El contenido de agua del suelo puede ser expresado en términos gravimétricos ( $\omega$ ) y /o volumétricos ( $\theta$ ) (Silva, et al., 2015). El contenido de agua en el suelo se puede expresar de las formas siguientes:

##### **Contenido gravimétrico ( $\omega$ )**

Es la relación de la masa de agua por unidad de masa de suelo seco, expresándose a través de la siguiente fórmula:

$$w = \frac{M_w}{M_s} \rightarrow M_w = M_t - M_s$$

Donde:

**$M_t$**  Masa de suelo total (g)

**$M_w$**  Masa de agua del suelo (g)

**$M_s$**  Masa de suelo seco (g)

##### **Contenido volumétrico ( $\theta$ )**

Es el volumen de agua ( $V_w$ ) por volumen de suelo ( $V_t$ ), también puede ser calculado a partir del contenido gravimétrico de agua y la densidad aparente del suelo, así:

$$\theta = \frac{V_w}{V_t} = w * D_a$$

### **Unidades lineales (h)**

En un balance hídrico las entradas y salidas de agua del suelo se expresan en columna de agua, esto resulta del producto entre el contenido volumétrico de humedad y la profundidad del suelo:

$$h = \theta * profundidad$$

#### **4.6.3. Energía del agua en el suelo**

Según Bustamante (1986) señala que la energía potencial específica por unidad de masa del agua del suelo con relación al agua en un estado de referencia estándar. El agua en el suelo está sujeta a una serie de fuerzas que hacen que su potencial difiera de aquel, del agua libre.

Estas fuerzas son de una parte la atracción de la matriz sólida, también la presencia de sales disueltas, la acción de la presión local por gases y la acción de las fuerzas gravitacionales. En consecuencia, el Potencial Total del agua del suelo es igual a la suma de sus varios componentes:

$$\Psi_h = \Psi_g + \Psi_p + \Psi_m + \Psi_s$$

Donde:

$\Psi_h$       Potencial hídrico

$\Psi_g$       Potencial gravitacional

$\Psi_p$       Potencial de presión

$\Psi_m$       Potencial mátrico

$\Psi_s$       Potencial osmótico

#### **Potencial gravitacional ( $\Psi_g$ )**

El potencial gravitacional se da debido a la fuerza de la gravedad que desplaza el agua hacia capas cada vez más profundas. Es dependiente de las fuerzas de gravedad presentes en el espacio poroso (Barría & Martínez, 2021).

### **Potencial de presión ( $\Psi_p$ )**

La presión a la que está sometida el agua del suelo depende de los cambios posibles en la presión del aire del ambiente; como la presión atmosférica permanece generalmente constante este efecto es depreciable en la variación del potencial de presión del agua del suelo (Bustamante, 1986).

### **Potencial mátrico ( $\Psi_m$ )**

Es generado por los mecanismos de retención de agua por el suelo (adhesión y cohesión). Debe su nombre a las fuerzas que crean este potencial son las asociadas a la matriz del suelo. Su valor es siempre negativo, ya que la presión que origina se opone a la expulsión del agua del suelo. Cuanto más seco está un terreno, más bajo es el potencial mátrico y mayor es la presión que habría que aplicar para extraer el agua del suelo (Pizarro, 1996).

### **Potencial osmótico ( $\Psi_s$ )**

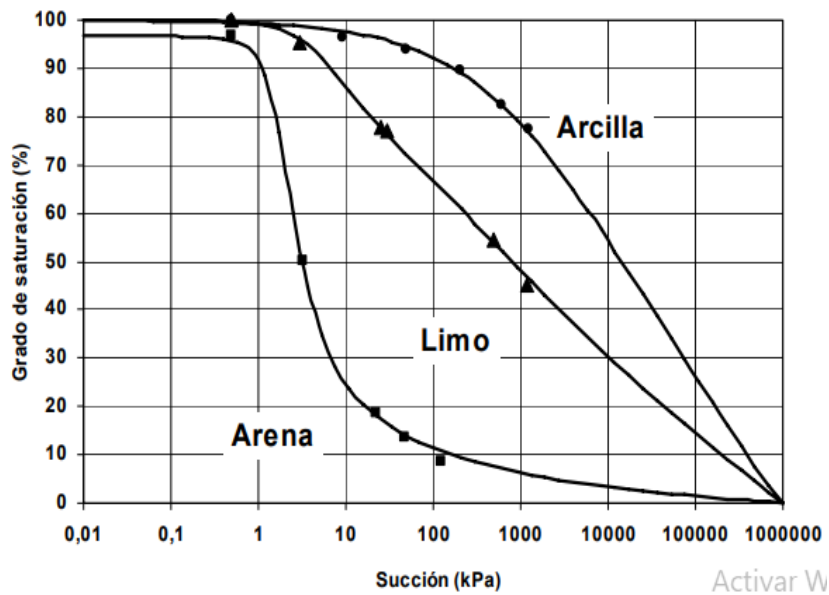
Representa el componente determinado por la presencia de solutos disueltos, disminuye la energía libre del agua y puede ser cero o asumir valores negativos. A medida que la concentración de soluto (es decir, el número de partículas de soluto por unidad de volumen de disolución) aumenta, el potencial osmótico se hace más negativo. Sin la presencia de otros factores que alteren el potencial hídrico, las moléculas de agua de las disoluciones se moverán desde lugares con poca concentración de solutos a lugares con mayor concentración de soluto. El potencial osmótico se considera 0 para el agua pura (Graff, 2018).

#### ***4.6.4. Curva de retención de humedad del suelo***

Según Pérez (2008) la curva característica es la relación que existe entre el contenido de agua del suelo (grado de saturación, contenido de agua volumétrico) y la succión (tensión del agua del suelo). La naturaleza de la curva característica está directamente asociada a la composición granulométrica y estructura del suelo; por tanto, la relación puede variar para diferentes tipos de suelos, para el caso de suelos finos (arcillas), estos se desaturan en forma gradual; mientras que para suelos granulares, la pérdida de agua ocurre en forma muy rápida. En otras palabras, la curva característica (Figura 3), no es más que una representación de la capacidad de un suelo para retener agua, bajo cierto valor de succión aplicada.

#### **Figura 3.**

*Curvas características para suelos con diferentes texturas.*



Fuente: Obtenido de (Pérez, 2008).

### Saturación

El nivel de saturación es cuando todos los poros del suelo están llenos de agua, en esta condición no existe aire en los poros y las plantas pueden morir por asfixia, por eso es importante regar con las cantidades adecuadas (Mendoza, 2016).

### Capacidad de campo

Thompson & Troeh (2021) mencionan que el contenido en agua del suelo cuando virtualmente ha cesado todo movimiento descendente de aquella recibe el nombre de capacidad de campo. Esta situación suele darse en suelos bien drenados en dos o tres días después de una lluvia. La capacidad de campo se valora cuantitativamente como la cantidad de agua presente expresada en forma de porcentaje sobre el peso de suelo seco a la estufa. La capacidad de campo se halla muy relacionada con la textura del suelo influenciada por el contenido de materia orgánica, tipo de minerales presentes y estructura del suelo.

### Punto de marchitez permanente

El punto de marchitez permanente (PMP) se define como el contenido de agua a partir del cual una planta indicadora se marchita y no se recupera cuando se vuelve a hidratar. Cuando el contenido de agua en el suelo desciende el agua es retenida con más fuerza por el suelo y las plantas tienen cada vez más dificultades para absorberla, y pueden sufrir estrés hídrico (Berbegall, 2017).

### **Umbral de riego (UR)**

Cerca de un tercio de la humedad aprovechable es fácilmente disponible, a medida que se va secando el suelo es más difícil para las plantas extraer agua, por lo comúnmente se riega antes que el contenido de agua llegue a PMP, de esta forma, se fija un ``Umbral de Riego`` que es un porcentaje de la humedad aprovechable que tiene que consumirse antes de que se riegue de nuevo. Este umbral de riego se fija dependiendo de la especie y del estado de desarrollo del cultivo (Silva, et al., 2015).

### **Agua aprovechable o humedad utilizable (AA)**

La cantidad de agua capaz de retener el suelo y que está a disposición de las plantas se llama humedad aprovechable, que se encuentra comprendida entre los límites de capacidad de campo y punto de marchitez permanente (Varas & Sandoval, 2012).

### **Capacidad de aireación**

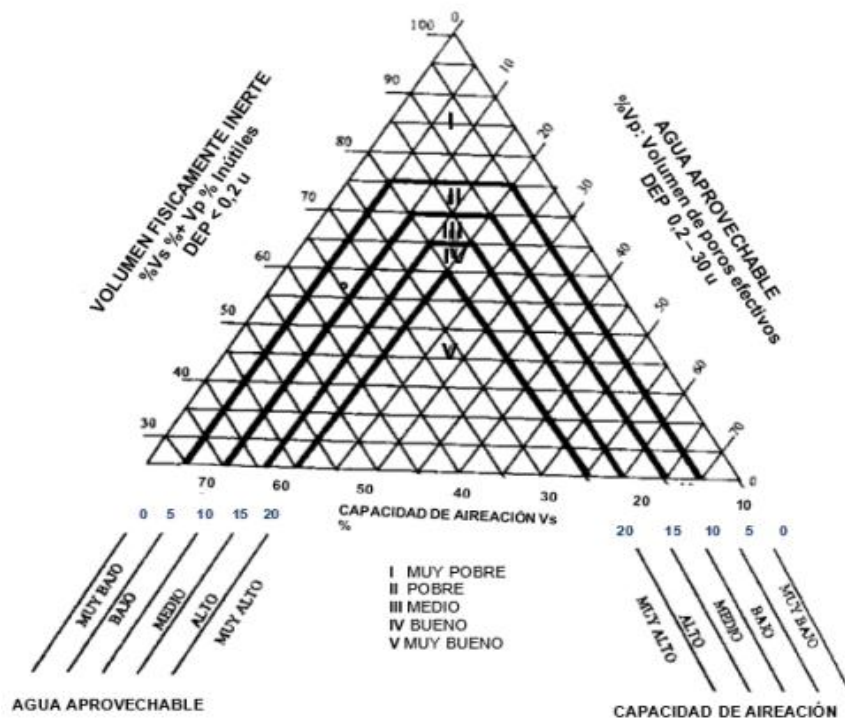
Según López et al., (2015) la relación aire-agua está en función de la capacidad de aireación y la capacidad de retener el agua. La capacidad de aireación es la proporción del volumen del sustrato de cultivo que contiene aire después de que ha sido saturado y dejado drenar.

#### ***4.6.5. Evaluación de las condiciones físicas del suelo***

La distribución de los volúmenes de las tres fases del suelo (sólida, líquida y gaseosa) a capacidad de campo sirven para estimar las condiciones físicas del suelo en relación con el crecimiento de las plantas. Para aquello se utiliza el diagrama triangular (Figura 4), con base a este se encuentra los valores porcentuales del volumen de capacidad de aireación, cuyos poros tienen un diámetro mayor a 30 micras (Morocho & Chillogallo, 2010).

#### **Figura 4.**

*Diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo.*



Fuente: Valarezo et al., (2020).

#### 4.6.6. Infiltración del agua en el suelo

Ruiz & Martínez (2018) definen a la infiltración como el proceso por el cual el agua circula a través del perfil del suelo (desde la superficie terrestre hacia abajo) reponiendo la humedad del suelo, recargando los acuíferos y manteniendo el caudal de los ríos durante los periodos de estiaje. En la Tabla 3 se muestra la clasificación de la velocidad de infiltración básica de acuerdo a la textura del suelo. En el proceso de infiltración se pueden distinguir tres fases:

- a) **Intercambio:** Se presenta en la parte superior del suelo, donde el agua puede retornar a la atmosfera por medio de la evaporación debido al movimiento capilar o por medio de la transpiración de las plantas.
- b) **Transmisión:** Ocurre cuando la acción de la gravedad supera a la de la capilaridad y obliga al agua a deslizarse verticalmente hasta encontrar una capa impermeable.
- c) **Circulación:** sucede cuando el agua se acumula en el subsuelo debido a la presencia de una capa impermeable y empieza a circular por la acción de la gravedad, obedeciendo las leyes del escurrimiento subterráneo.



**Tabla 3.**

*Clasificación de la velocidad de infiltración básica.*

<b>Textura del suelo</b>	<b>Ib. Rango de Variación (mm/h)</b>
Arena	25 - 250
Franco-arenoso	13 - 75
Franco	7,5 - 20
Franco-limoso	2 - 15
Arcillo-limoso	0,2 - 5
Arcilla	0,1 - 1

Fuente: Portal Frutícola, (2017).

#### **4.6.7. Propiedades químicas del suelo**

Las propiedades químicas se relacionan con la calidad y disponibilidad del agua y nutrientes para las plantas, entre ellas cabe resaltar: pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, y P, N y K extractables (Calderón *et al.*, 2018).

#### **pH**

Según Osorio (2012) aclara que el pH es una propiedad química que mide el grado de acidez o alcalinidad de las soluciones acuosas. Por definición se considera que el pH es logarítmico negativo de la actividad de los protones (H<sup>+</sup>) en una solución acuosa.

$$\text{pH} = -\log (\text{H}^+)$$

El pH es una propiedad química de mucha importancia, porque indica que tan ácida o alcalina es la solución del suelo.

#### **Materia Orgánica**

Juca *et al.*, (2006) denominan materia orgánica o humus a la parte orgánica que cumple un papel esencial en el suelo. El término humus designa a las sustancias orgánicas variadas de color pardo y negruzco, que resultan de la descomposición de materias orgánicas de origen exclusivamente vegetal. Contiene aproximadamente un 5 % de nitrógeno, por lo que su valor en el suelo se puede calcular multiplicando por 20 su contenido de nitrógeno total. El humus tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo la penetración del agua y su retención, disminuyendo su erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso.

## **Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica es el parámetro más extendido y ampliamente utilizado en la estimación de la salinidad. Se basa en la velocidad con la que la corriente eléctrica atraviesa una solución salina, la cual es proporcional a la concentración de las sales en solución. Hasta hace unos años se expresaba en mmhos/cm, en la actualidad se expresa en dS/m (dS= deciSiemens), siendo ambas medidas equivalentes (1 mmhos/cm = 1 dS/m). Los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente y la cantidad conducida dependerá del número de iones presentes y de su movilidad (Aguirre, 2009).

## **Los macro y micronutrientes**

Según la Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes (AEFA, 2021), menciona que los macronutrientes se necesitan en grandes cantidades, y son grandes cantidades las que tienen que ser aplicadas si el suelo es deficiente en uno o más de ellos. Dentro del grupo de los macronutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas, los nutrientes primarios son: nitrógeno, fósforo y potasio.

El **Fósforo (P)** es un macronutriente fundamental que las plantas necesitan para su crecimiento, se encuentra en el suelo en compuestos orgánicos y en minerales, sin embargo, la cantidad efectivamente disponible es muy baja, por lo que muchas veces se hace necesaria la adición de fertilizantes que aporten este nutriente (Habit, 2020).

El **Nitrógeno (N)** es la principal limitante de la productividad en las plantas, por ello en la producción agrícola, según el estado nutricional del suelo, se utilizan fertilizantes nitrogenados inorgánicos para compensar algunas deficiencias. La aplicación de fertilizantes nitrogenados es en general ineficiente debido a que solo una tercera parte del fertilizante aplicado es absorbido de forma eficiente por el cultivo (Corrales et al., 2016).

El **Potasio (K)** es un nutriente primario esencial para el crecimiento de la planta, ayuda a que las raíces y la plántula se desarrollen más rápidamente, mejora la eficiencia del uso del agua, mejora la resistencia a enfermedades en algunos cultivos, acelera la maduración y es vital en la formación de la semilla (Roberts, 1997).

Los micronutrientes son aquellos elementos que los cultivos requieren en bajas cantidades. Dentro de los más importantes se encuentran al boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), níquel (Ni) y cinc (Zn) (Tamara, 2016).

## **Características biológicas**

La biología del suelo es amplia, compleja y dinámica, la meso y macrobiota del suelo desempeñan un papel fundamental en la fragmentación, transformación y traslocación de materiales orgánicos en él, además, aportan considerables cantidades de biomasa al suelo y mejoran algunas de sus propiedades físicas (Calderón *et al.*, 2018).

### **4.7. El riego**

El riego consiste en la dotación de agua hacia el suelo de los cultivos con el objetivo de brindar un suministro suficiente que permita un buen crecimiento de las plantaciones (Guerra, 2009), mientras que Ramos (2014), comenta que el riego es un procedimiento que consiste en el aporte artificial de agua a un determinado terreno, generalmente con la intención de intentar con el mismo facilitar el crecimiento de vegetales. Es implementado desde la antigüedad por su relevancia en el desarrollo de la agricultura. El riego es enormemente importante en las zonas en las que pueda existir variabilidades de lluvias que hagan perder cosechas o las hagan mermar considerablemente. Es por esta circunstancia que el desarrollo de nuevas formas de proporcionar agua siempre estará presente para garantizar una mejora en la producción de materias primas.

#### ***4.7.1. Calidad del agua para riego***

García (2015), afirma que la calidad de las aguas es uno de los elementos estudiados cuando se valora la sostenibilidad de las cuencas, con la finalidad de analizar los diferentes componentes del agua con fines de riego. La utilización de criterios e indicadores para evaluar la calidad del agua permiten a los productores manejar de forma más eficiente este recurso y tomar medidas preventivas que permitan aumentar los rendimientos agrícolas y la conservación de suelos.

La calidad del agua para fines de riego es determinada mediante el análisis de muestras representativas de agua, donde se analiza: cantidad de sales totales disueltas, concentración de calcio, magnesio, sodio, potasio, nitratos, carbonatos y bicarbonatos, cloruros, boro y otras variables, como el pH y la relación de adsorción de sodios (RAS). Por lo general, el análisis químico del agua se realiza con dos propósitos: el primero, es determinar la calidad del agua para riego y la segunda, es establecer la calidad para fertirrigación (Fertilab, 2020).

## **4.8. Sistemas de Riego**

Es común referirse al riego en la parcela utilizando dos términos, métodos de riego y sistemas de riego; a veces erróneamente como sinónimos. Se entiende por método de riego al conjunto de aspectos que caracterizan el modo de aplicar el agua a las parcelas regadas y se entiende por sistema de riego al conjunto de equipamientos y técnicas que proporcionan esa aplicación siguiendo un método dado. El término sistema de riego es también utilizado para referir el conjunto de equipamientos y técnicas de gestión que aseguran la captación del agua, su almacenamiento, transporte y distribución a los regantes (Santos *et al.*, 2010).

Gulatti (2016) comenta que los sistemas de riego son infraestructuras hidráulicas que permiten proveer de la cantidad de agua necesaria a una determinada área de cultivo, aplicando agua en las parcelas. La forma o la técnica a través de la cual se aplica el agua de riego a los cultivos influyen en forma decisiva en sus rendimientos. Se ha visto con anterioridad que el rendimiento que se obtiene de la siembra de un cultivo también depende del suelo y su manejo.

## **4.9. Métodos de Riego**

### ***4.9.1. Riego por superficie***

El riego por superficie o de gravedad continúa teniendo una importancia relevante en el desarrollo del riego, no solo porque corresponde aproximadamente al 80 % de las áreas regadas en el mundo, sino porque continúa siendo el método más apropiado, técnicamente, para suelos llanos y pesados, y, económicamente para muchos cultivos y sistemas de producción. El riego por superficie ha continuado siendo objeto de investigación para la mejora de los procesos y prácticas de riego (Santos *et al.*, 2010).

En este sistema de riego el agua fluye por la superficie del campo y se infiltra en él humedeciéndolo. El movimiento del agua se debe a la pendiente del terreno y a la carga o tirante de agua. También recibe el nombre de riego por gravedad, porque el movimiento es debido a las fuerzas de gravedad existentes de un punto a otro. El objeto principal es buscar la aplicación del agua en cantidad y momento oportuno, cuidando que su distribución sea lo más uniforme en el área regada (Mamani, 2018).

### ***4.9.2. Riego por Aspersión***

El riego por aspersión permite aplicar el agua en forma de lluvia sobre la planta, el agua es conducida por tuberías a presión y al llegar al aspersor el chorro se rompe en muchas gotas

que caen sobre el suelo. Es un método de riego que sirve en zonas donde no hay demasiado viento, ya que puede causar muchas pérdidas, además debe considerarse que el agua, al cubrir gran parte del suelo, se producen muchas pérdidas por evaporación. Entre los equipos que se utilizan son el de aspersión fija, portátil, cañón, pívot central y avance frontal. Se debe tener la precaución de que la velocidad a la que cae la lluvia, sea igual o menor a la velocidad de infiltración del suelo para evitar escurrimiento (Edemin, 2014).

#### ***4.9.3. Riego por microaspersión***

Este método de riego consiste en la aplicación de agua al suelo en gotas muy pequeñas, El diámetro mojado que genera el microaspersor puede ser de alrededor de 3 - 4 metros. Es recomendable para cultivos como frutales, riego en viveros y algunas hortalizas. Los más comunes son los microaspersores propiamente dichos, en los que se clava un soporte en el suelo y se abastece de agua de una manguera que suele estar superficial; los microjets que se colocan de manera que cuelgan por encima de las plantas conectados a una manguera de las cuales se abastecen de agua y que también esta colgada, se utilizan en viveros (Edemin, 2014).

#### ***4.9.4. Riego por Goteo***

Liotta (2015) y Sevilla (2010) puntualizan en que los sistemas de riego por goteo permiten conducir el agua mediante una red de tuberías y aplicarla a los cultivos a través de emisores que entregan pequeños volúmenes de agua en forma periódica. El agua se aplica en forma de gota por medio de goteros. El riego por goteo es un sistema presurizado donde el agua se conduce y distribuye por conductos cerrados que requieren presión. Desde el punto de vista agronómico, se denominan riegos localizados porque humedecen un sector de volumen de suelo, suficiente para un buen desarrollo del cultivo. También se lo denomina de alta frecuencia, lo que permite regar desde una a dos veces por día, todos o algunos días, dependiendo del tipo de suelo y las necesidades del cultivo. La posibilidad de efectuar riegos frecuentes permite reducir notoriamente el peligro de estrés hídrico, ya que es posible mantener la humedad del suelo a niveles óptimos durante todo el periodo de cultivo, mejorando las condiciones para el desarrollo de las plantas.

Mientras tanto Sevilla (2010) explica que el agua aplicada por cada emisor moja un volumen de suelo que se denomina bulbo húmedo. En este método de riego la importancia del suelo como reserva de humedad para las plantas es muy pequeña en contra de lo que sucede en el riego por superficie o en el riego por aspersión. Su función principal es la de ser soporte físico

de las plantas, así como proporcionar el agua y los nutrientes, pero en volumen reducido.

### **Ventajas y desventajas del riego por goteo**

Según Maquera (2014) la utilización de este método tiene las siguientes ventajas:

- ❖ Economía de agua.
- ❖ Uniformidad de riego.
- ❖ Nivelación, permite habilitar nuevas áreas con pendientes fuertes.
- ❖ Permite la aplicación de fertilizantes.
- ❖ Control de las malas hierbas.
- ❖ Incremento sustancial de la producción.

Según Miranda (1984) por la serie de condiciones que debe reunir el riego por goteo presenta una serie de problemas a resolver:

- ❖ Disponer de tuberías, goteros y piezas especiales, que sean lo suficientemente resistentes a los agentes intempéricos.
- ❖ Tiene altos costos de inversión inicial.
- ❖ Se necesita elaborar los proyectos de tal manera que se pueda proporcionar la misma cantidad de agua a todas las plantas.
- ❖ Hay posibilidad de mayor incidencia de enfermedades.
- ❖ Hay taponamiento de goteros y tuberías.
- ❖ Los fertilizantes que se apliquen con el agua de riego deben ser altamente solubles.
- ❖ Es necesario una vigilancia constante.

#### **4.9.5. Componentes del sistema de riego por goteo**

Para cumplir adecuadamente con los principios básicos del riego por goteo, un equipo de riego debe contar con las siguientes partes fundamentales:

##### **Fuente de agua**

Según Vieira (2002) es la fuente, manantial, ojo de agua o nacimiento, como se lo llama más en la zona rural, es decir el afloramiento natural del agua de la capa freática en un punto de la superficie del terreno. Se pueden distinguir por lo menos dos modalidades de fuentes de agua:

- a) Fuentes permanentes: que mantienen un cierto caudal durante todo el año.

b) Fuentes temporales: que se secan durante el verano o en parte de él.

### **Unidad de presión**

Es el elemento encargado de generar la presión del agua que requiere el sistema. Esta presión puede conseguirse mediante bombeo o por acción de la gravedad, siempre y cuando la fuente de agua se ubique en una altura suficiente como para operar nuestro sistema (Maquera 2014).

### **Cabezal de riego**

Quizhpe (2010) define al cabezal de riego como el conjunto de elementos destinados a filtrar, tratar, medir y suministrar el agua a la red de distribución.

### **Sistema de filtrado**

Según Liotta (2015) el sistema de filtrado es una parte clave del sistema y uno de los problemas más graves que suele presentarse en los equipos de riego es la obstrucción del gotero que se puede producir por:

- ❖ Partículas minerales en suspensión (arena, limo y arcilla).
- ❖ Materia orgánica.
- ❖ Precipitados (principalmente carbonatos)

### **Manómetros**

Un manómetro es un instrumento de medida de la presión en fluidos (líquidos y gases) en circuitos cerrados. Miden la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor presión manométrica. Lo que realmente hacen es comparar la presión atmosférica (la de fuera, la atmosfera) con la de adentro del circuito por donde circula al fluido (Tapia, 2018).

### **Válvulas**

Las válvulas hidráulicas son una parte imprescindible en los sistemas de riego, pues tienen la finalidad de interrumpir la circulación del agua cuando ha terminado el tiempo de riego, o bien de aislar uno o varios tramos de la conducción, para realizar reparaciones o trabajos de mantenimiento (Grupo Hidráulica, 2022).

**Válvulas de control:** son piezas que realizan la función de regular el caudal de un fluido que se comanda a distancia por medio de una señal neumática o eléctrica sobre un servoactuador que la posición acorde a la orden de un controlador (Golato, 2004).

**Válvulas de aire:** Para evitar los problemas causados por la entrada y salida de aire, se instalan en las redes de distribución de agua las denominadas ventosas o válvulas de aire. Una vez instaladas, las válvulas de aire se convierten en una parte del sistema, interaccionando con otros componentes del mismo, como las conducciones, las válvulas o las bombas (Iglesias et al., 2016).

### **Equipo de bombeo**

Consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte de agua a través de tuberías y almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos, estas pueden ser a través de la fuerza de gravedad o el equipo de bombas (Gijón, 1994).

### **Tuberías de conducción**

Las tuberías de conducción son las que distribuyen el agua a través de toda la red de tuberías de las áreas de riego. Las tuberías conectan la unidad de presión hasta las válvulas que permiten el paso a cada una de las áreas de riego (Escobar & Karina, 2018).

### **Laterales de riego**

Las laterales, ramales o regantes de riego son las tuberías que llevan conectados los emisores y suministran el agua a los cultivos, encargadas de llevar el agua desde la línea de distribución o secundaria hacia los emisores, ya sean goteros, microaspersores, cañones, etc. Se clasifican hidráulicamente como tuberías con salidas múltiples (Jiménez, 2017).

### **Emisores**

Los emisores son las estructuras hidráulicas a través de las cuales, el agua sale del interior de los sistemas de riego presurizado hacia el ambiente. Su importancia es fundamental, pero adquiere una relevancia mucho mayor en los sistemas de riego localizado y conocer acerca de su comportamiento hidráulico permitirá hacer ajustes necesarios en la operación del sistema de acuerdo a las necesidades requeridas (Gil et al., 2002).

### **Cintas de goteo**

Las cintas de riego son utilizadas para realizar el riego por goteo en cultivos de campo abierto a bajo costo. Las cintas de goteo permiten el óptimo aprovechamiento del recurso hídrico, por lo que es evidente el mejoramiento de sistema de distribución del agua, para lograr



un uso eficiente del recurso y suministrar de la manera mas uniforme y eficiente posible (Agropinos, 2012).

Las ventajas principales de las cintas para riego son:

- ❖ Mejoramiento en los rendimientos de los cultivos.
- ❖ Distribución del agua directamente a la raíz.
- ❖ Ahorro de recurso hídrico.
- ❖ Uniformidad de riego.
- ❖ Evita la propagación de malas yerbas.
- ❖ Mejora el aprovechamiento de los fertilizantes.
- ❖ Reduce la erosión del suelo y mejora la estructura del mismo.
- ❖ Se pueden automatizar con programadores.
- ❖ Fáciles de utilizar e instalar.

Las cintas poseen emisores normalmente espaciados entre 0,20 a 0,60 m. Su uso es mas frecuente en cultivos de temporada (hortalizas) y trabajan con presiones inferiores a 10 m (1 Kg/cm<sup>2</sup>). La pared de la cinta puede ser muy delgada (0,1-0,2 mm). Si los emisores tienen mecanismos de regulación de presión se clasifican en:

**Auto-compensados:** tienen la particularidad de mantener el mismo caudal, aunque varíe la presión. El flujo es turbulento y en su interior poseen una membrana de silicona (diafragma) que se deforma por la diferencia de presión del agua antes y después de la misma, modificando el conducto de paso y manteniendo el caudal constante. Su uso es más frecuente en terrenos ondulados, con pendientes pronunciadas y para longitudes extensas (Paz & Liotta, 2015).

**No-compensados:** no tiene mecanismo de regulación de caudal y varía en función de la presión. Pueden funcionar con menor presión que los auto-compensados y son más económicos. Sin embargo, para no perder uniformidad de caudal ( $\pm 10\%$ ), la longitud de las laterales debe ser menor (Paz & Liotta, 2015).

## **4.10. Diseño de sistema de riego por goteo**

El diseño de un sistema de riego se puede dividir en dos partes: Diseño Agronómico y Diseño Hidráulico.

### ***4.10.1. Diseño Agronómico***

El diseño agronómico tiene que ver con el cuándo y cuanto regar; consiste en dimensionar la superficie máxima de cada unidad, así como su intervalo y tiempo de riego a partir de la lámina de diseño, el tiempo de operación, número de emisores por planta, etc. Para llegar finalmente a conocer la capacidad requerida del sistema; en caso de no coincidir con la capacidad disponible se deben realizar los ajustes correspondientes.

Para el cálculo del diseño se requiere conocer la interrelación entre las características y/o propiedades del agua y el suelo, así como tomar en cuenta las particularidades de cada cultivo como su estado fenológico y su requerimiento hídrico y datos de parcela (Jiménez, 2017).

#### **Necesidades hídricas de los cultivos**

Según Martínez (2004), el conocimiento de las necesidades hídricas de los cultivos es fundamental para mejorar el diseño, la planificación y la gestión de los polígonos y sistemas de riego. Es necesario considerar tres definiciones distintas de necesidades hídricas para estimar adecuadamente los requerimientos de agua de los cultivos.

- ❖ Necesidades hídricas brutas de los cultivos: son el volumen de agua que un determinado cultivo consume para su desarrollo óptimo.
- ❖ Necesidades netas de riego de los cultivos: constituyen el volumen de agua que el sistema de riego debe suministrar a la zona radicular de los cultivos calculadas como la diferencia entre las necesidades hídricas brutas y los aportes naturales de agua.
- ❖ Necesidades brutas de riego de los cultivos; corresponden con el volumen de agua que un determinado sistema de riego debe consumir al nivel de parcela.

Todo sistema de riego sufre pérdidas de agua desde la entrada a la parcela hasta la zona radicular del cultivo.

### **Evapotranspiración del cultivo (ETc)**

Según Cisneros *et al.*, (2015) definen la evapotranspiración del cultivo (ETc) como la cantidad de agua consumida por un determinado cultivo, es la combinación de la evaporación (E), que es proveniente del suelo y la transpiración (T), relacionada a la planta.

La determinación de la ETc puede ser realizada por varios métodos, donde se destacan los métodos de balance de energía, balance de agua en el suelo y lisimetría. A pesar de ser un elemento complicado en su determinación, puede obtenerse de la ecuación general de balance hídrico, para aquello deben hacerse mediciones precisas de todos los demás parámetros de la ecuación.

### **Evapotranspiración de referencia (ETo)**

Contreras (2015), manifiesta que el concepto de evapotranspiración de referencia se introdujo para estudiar la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, independiente del tipo y desarrollo del cultivo y de las prácticas de manejo. La ETo es una de las variables hidrológicas más importantes para los sistemas de programación de riego, es parte de los datos de entrada en modelos de balance hídrico e hidrológico y el cálculo de la evapotranspiración real para una región o una cuenca.

### **Coefficiente del cultivo (Kc)**

Según Herrera & Ruiz, (2012) interpretan que el coeficiente del cultivo (Kc) es un valor dependiente de las características, anatómicas, morfológicas y fisiológicas de la planta, así como de la región y fecha de siembra. El Kc varía según el periodo de crecimiento de la planta y del clima determinado, depende de la capacidad de la planta de extraer agua del suelo según, su estado de desarrollo vegetativo. El conocimiento del Kc contempla determinar las características de desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo. Corresponde a las fechas de siembra, de plantación, floración y fecundación de la flor, de madurez fisiológica del embrión de la semilla, inicio y terminó de la cosecha y del último riego de poscosecha.

El Kc se logró clasificar de acuerdo a las características del cultivo reflejadas en el campo de la forma siguiente:

- Fase inicial o emergencia: se prolonga desde la germinación hasta el crecimiento inicial.
- Fase de desarrollo: es el estado máximo de crecimiento hasta alcanzar un 80 % de cobertura superficial.

- Fase de floración y fructificación: inicia desde el final de la anterior fase hasta alcanzar la plena cubrición del suelo y el comienzo de la maduración del fruto.
- Fase final o cosecha: en esta fase se logra el desarrollo óptimo del fruto para ser cosechado.

### **Precipitación efectiva (Pe)**

Hernández (2016), denomina precipitación efectiva (Pe) a la lluvia que es útil o utilizable por quedar el agua almacenada en el suelo, dentro de la zona radicular de las plantas en niveles de energía de retención que las raíces pueden absorber. Si la cantidad de lluvia es muy pequeña, puede ocurrir que no sea aprovechada porque toda o parte de ella queda en la superficie de la vegetación y de allí se evapora. Si llega al suelo y este se encuentra muy seco, pueda que el agua quede retenida con alta energía y no esté disponible para las raíces. En cambio, si la cantidad de lluvia es muy grande o cae con gran intensidad, especialmente en suelo desprotegido, una parte de ella no se infiltra ni almacena en el suelo produciendo un volumen sobrante (escorrentía superficial).

### **Necesidades netas de riego**

Según Pizarro (1996) para la determinación de las necesidades netas de un cultivo bajo riego por goteo, se deben realizar ciertas correcciones a la evapotranspiración del cultivo máxima en el año, que se describen a continuación:

**Por localización:** Este coeficiente corrige la  $ET_c$  disminuyéndola, ya que se reduce el área de riego, producto de la localización del riego con goteros.

**Por condiciones locales:** Toma en cuenta los aspectos climáticos de la zona y la naturaleza del cultivo.

### **Necesidades brutas de riego**

Las necesidades hídricas brutas de los cultivos son el volumen de agua que un determinado cultivo consume para su desarrollo óptimo. Normalmente se denominan evapotranspiración (Martínez, 2004).

#### **4.10.2. Parámetros de riego**

**Área mojada por emisor:** se refiere a la distribución del agua del emisor en el suelo, que depende directamente de su textura, estratificación, caudal de gotero y tiempo de riego (Valverde, 2022).

**Porcentaje de suelo mojado:** es la relación porcentual entre el área mojada por los emisores y el área total de la plantación (Lidia et al., 2017).

**Lámina de agua aprovechable LAA:** expresa la lámina de agua que un suelo puede almacenar entre los límites de capacidad de campo y punto de marchitez permanente a la profundidad radical efectiva del cultivo (Legarda et al., 2012).

**Lámina bruta o lámina total de riego:** el suministro de agua al cultivo debe incluir adicionalmente a las necesidades netas de la planta, toda el agua que se pierde por escorrentía, evaporación, arrastre del viento entre otros. La lámina bruta se define entonces como la lámina neta afectada por la eficiencia de riego (Delgado, 2012).

**Frecuencia de riego:** se llama frecuencia de riego al periodo que pasa entre un riego y el siguiente. Este periodo es lo que demora el cultivo en consumir la lámina neta (García, 2016).

**Tiempo de riego:** es el tiempo necesario para que la lámina de agua que corresponde exactamente al descenso de humedad existente, se infiltre en un área del terreno (Calvache, 2012).

#### **4.11. Diseño Hidráulico**

El diseño hidráulico tiene como finalidad definir los diámetros y longitudes de las diferentes tuberías que componen el sistema (regantes, distribuidoras y conducción) bajo un criterio de optimización. El diseño hidráulico de la red parcelaria debe considerar al menos dos criterios básicos: que las secciones operen con una uniformidad de emisión mayor al 90% y que la velocidad en las tuberías de la red parcelaria no sea mayor de 2.0 m/s.

Las líneas regantes distribuidoras o de conducción realmente se diseñan de manera diferente. Las líneas de conducción se diseñan como tuberías que no tienen salidas; en contraste, las líneas laterales sobre las que se localizan los emisores (en los sistemas de riego por aspersión, goteo, microaspersión) y las secundarias de los sistemas de riego localizado (Jiménez, 2017).

### **Red hidráulica primaria**

La red hidráulica primaria es principalmente la tubería de mayor diámetro, que posteriormente en el subsistema mecánico se mencionara el porqué de la selección de diámetro correspondientes, y detalles de componentes adicionales, que permitirán su realización desde la conexión con los tanques del sistema hasta la red hidráulica secundaria (Vilchez, 2020).

### **Red hidráulica secundaria**

La red hidráulica secundaria es la tubería de menor diámetro, junto con las conexiones adicionales hasta finalizar en los goteros, y también en un apartado posterior en subsistema mecánico, porqué se presenta el diámetro elegido para dicha red y sus componentes adicionales para la realización de dicha red (Vilchez, 2020).

### **Tubería lateral**

Las laterales son las tuberías que distribuyen el agua a las plantas por medio de los emisores acoplados a ellas. En su cálculo hay que aplicar el factor de Christiansen, ya que las salidas del agua están uniformemente espaciadas a lo largo de la tubería (Intriago & Sacón, 2012).

#### ***4.11.1. Pérdidas de cargas en la tubería***

Según Montellanos (2017), las pérdidas de carga en una tubería o canal, es la pérdida de energía dinámica del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las contiene.

Las pérdidas de presión del agua, por el interior de una tubería se deben a la fricción entre las partículas del fluido y las paredes. Mientras más pequeño sea el diámetro de la tubería, mayor será la fricción entre partículas, con la consecuente pérdida de presión (Jaramillo, 2018).

### **Coefficiente de uniformidad de Christiansen (Cu)**

Según Loaiza, (2021) uno de los principales objetivos en el diseño de sistema de riego es obtener un equilibrio hidráulico para garantizar una descarga uniforme del emisor. El coeficiente de uniformidad de Christiansen es un indicador de que tan iguales o desiguales son las tasas de aplicación a través de los emisores. Un (Cu) bajo indica que las tasas de aplicación a través de los emisores son bastante diferentes mientras que un (Cu) alto indica que las precipitaciones horarias son bastante similares entre ellas.

## 4.12. Cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)

### 4.12.1. Clasificación

La cebolla cuyo nombre científico es *Allium cepa*, es una planta monocotiledónea herbácea bienal que usualmente se cultiva como planta anual. La cebolla pertenece a la familia Alliaceae, estas habían sido incluidas anteriormente por diferentes autoridades bajo la familia a Amaryllidaceae o la Liliaceae, pero actualmente se les considera como una familia separada. El género *Allium* es uno grande y diverso, con alrededor de 500 especies, siendo la cebolla la más importante de ellas. Bajo este mismo género se encuentran otras plantas cultivadas de importancia, como el ajo, el cebollín y el puerro (Fornaris, 2012). En la Tabla 4 se presenta la taxonomía y morfología de la planta de cebolla.

**Tabla 4.**

*Taxonomía y morfología de la planta de cebolla.*

<b>Reino:</b>	Plantae	<b>Familia:</b>	Liliáceas
<b>División:</b>	Tracheophyta	<b>Género:</b>	<i>Allium</i>
<b>Clases:</b>	Angiospermae	<b>Especie:</b>	Cepa
<b>Subclase:</b>	Monocotiledonae	<b>Nombre científico:</b>	<i>Allium Cepa</i>
<b>Orden:</b>	Liliflorales		

Fuente: Villegas (2018).

### 4.12.2. Origen de la cebolla

El centro de origen de la cebolla pudo haber sido en el Oeste de Asia, posiblemente en la zona donde se encontraba la antigua Persia, dentro del área donde hoy día se encuentran Irán, Afganistán, el oeste de Pakistán y los países montañosos al norte (Fornaris, 2012).

### 4.12.3. Botánica y morfología

La cebolla es una planta bienal que completa su ciclo biológico en dos etapas: vegetativa y reproductiva. En la etapa vegetativa, que tiene lugar en el primer año de la siembra, da origen a la formación del bulbo. En la segunda etapa, que se da en el segundo año, a partir del bulbo, la cebolla florece y produce semillas. Morfológicamente la cebolla esta descrita como una planta herbácea, cuya parte comercial es un bulbo tunicado, que presente en la variación de la forma, color, pungencia, tamaño y conservación poscosecha (Enciso et al., 2019).

#### **4.12.4. El cultivo de cebolla en Ecuador**

Chimborazo (2015), manifiesta que la cebolla se constituye un producto complementario en la canasta alimenticia a nivel nacional, muy importante por sus múltiples usos para consumo en fresco. Esta se encuentra localizada en la sierra ecuatoriana, donde Tungurahua (23,1%), Chimborazo (20,3%) y Azuay (6,7%) son las principales provincias productoras. En el Ecuador, aproximadamente 10 000 Unidades Productivas Agropecuarias (UPA's) se dedican a la producción de cebolla, 90% de estas UPA's se encuentra en manos de pequeños productores con extensiones de tierra menores a 10 hectáreas, el 10% se encuentra en manos de grandes productores con extensiones de más de 20 hectáreas.

La cebolla es un producto de amplio cultivo en el Ecuador, sin embargo, solamente desde hace pocos años se han incrementado plantaciones comerciales con una diversidad de variedades e híbridos entre ellas la Burguesa e Híbrido Roja, que son las más consumidas en el mercado ecuatoriano por sus propiedades tanto culinarias como medicinales.

#### **4.12.5. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo**

##### **Temperatura**

La temperatura óptima para que la semilla germine es de 24 ° C, pero puede soportar temperaturas mínimas de 1- 6 °C y máximas de 35 °C.

Las condiciones ideales durante la etapa inicial de cultivo son a temperatura de 11 a 12 °C y de 13 a 24 °C durante la madurez. Las mejores cosechas en rendimiento y calidad se obtienen en zonas de climas medios (18 a 22 °C) y de ambiente seco (Meca, 2012).

##### **Luminosidad**

La cantidad de luz es un factor importante en cuanto se refiere a calidad y rendimiento en la formación de bulbo y en el contenido de sólidos, así pues, en una zona determinada, una variedad produce mejores rendimientos y materia seca en los meses de alta luminosidad (Meca, 2012).

##### **Suelos**

La cebolla colorada requiere de suelos livianos, arcillo arenosos o franco arcilloso, con un pH óptimo entre 6,0 – 6,8, no toleran la acidez. Por otra parte, los suelos muy pesados con tendencia a compactarse no son recomendables, impiden el normal crecimiento del bulbo. Sin embargo, se afirma que los mejores suelos son los de aluvión sueltos, ricos en materia orgánica



descompuesta y sobre todo muy sanos y permeables. En el Ecuador se puede producir cebolla desde 0 a 300 metros sobre el nivel del mar (Meca, 2012).

#### ***4.12.6. Requerimientos hídricos del cultivo de cebolla***

Las necesidades de agua se pueden dividir en dos aspectos principales: el primero es la necesidad neta del cultivo o uso-consumo. El segundo corresponde a los requerimientos brutos de riego, donde se considera la eficiencia del sistema de riego (Ferreya & Peralta, 2019).

Estrella y León citado por Paguay, (2017) manifiesta que los requerimientos netos de agua del cultivo de cebolla fluctúan entre los 650 a 700 mm por ciclo del cultivo, posibles diferencias son el resultado de diferentes condiciones edafoclimáticas del lugar de estudio.

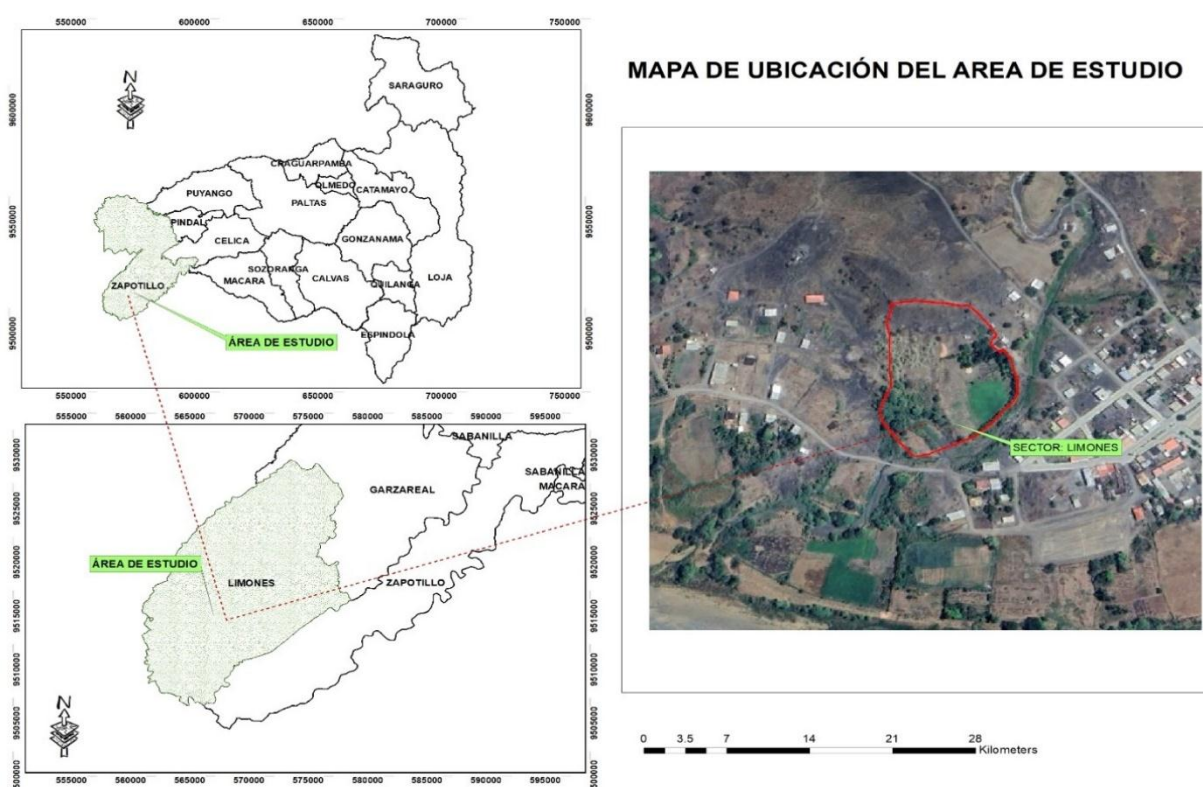
## 5. Metodología

### 5.1. Ubicación del área de estudio

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo en la parroquia Limones cantón Zapotillo, en una finca familiar que cuenta con 1 ha de terreno. Para poder acceder al sitio es por vía terrestre, ya que se encuentra a 14 Km desde la cabecera cantonal de Zapotillo.

#### Figura 5.

*Ubicación del sitio de estudio.*



Fuente: elaborado por el autor.

#### 5.1.1. Coordenadas geográficas

El sitio de estudio se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas: UTM (WGS 84, 17 S), Latitud  $4^{\circ} 23' 8,21'' S$ , Longitud  $80^{\circ} 21' 5,02'' O$  y altitud promedio aproximada de 160 m.s.n.m.

## **5.2. Aspectos biofísicos**

### **5.2.1. Factores climáticos**

Considerando las zonas de vida propuestas por Holdridge, se tendría que la parroquia Limones, corresponde a una zona de vida bosque espinoso tropical, con una temperatura mínima de 16 – 17 ° C y una máxima de 32 – 35 ° C. La precipitación promedio anual es de 709,80 mm, la misma que se distribuye en un periodo corto de lluvias febrero – abril, el resto del año permanece seco. La humedad relativa promedio que presenta es del 75% (PDOT GAD Parroquial Limones 2019).

### **5.2.2. Suelos**

Los suelos en la parroquia Limones, en su mayoría corresponden al orden de los Aridisoles e Inceptisoles, lo que significa que son suelos ubicados en zonas áridas muy secas, con escaso desarrollo pedogenéticos, son poco profundos y frecuentemente pedregosos, considerados como suelos jóvenes, con baja o media evolución. Los suelos son de textura franco-arcillosa, son superficiales (40 cm) de color amarillo, colorado poco fértiles, se puede cultivar cualquier clase de productos propios de la zona (PDOT GAD Parroquial Limones 2019).

## **5.3. Materiales y equipos de campo**

Los materiales de campo que se utilizaron para el presente trabajo fueron:

- Carta topográfica del sitio de estudio
- Estación total
- GPS Diferencial
- Libreta de campo
- Tabla Munsell
- Barreno
- Pala
- Rastrillo
- Cilindros

Los materiales de oficina que se utilizaron para el presente trabajo son:

- Calculadora
- Computadora

- Celular
- Documentos en Físico
- Materiales Bibliográficos
- Anuarios metodológicos
- AutoCAD Civil 3D (versión estudiantil) y SIG (Sistemas de Información Geográfica).

#### **5.4. Metodología para el primer objetivo**

Realizar la caracterización de las propiedades físicas y químicas del suelo del área de estudio.

Para cumplir el primer objetivo, en un sitio representativo del área de estudio se realizó una calicata (Anexo 1) en la zona centro del terreno debido a la topografía plana que presenta el mismo, las dimensiones son de 1,0 m de ancho, 1,5 de largo y 1,0 m de profundidad, para describir el perfil del suelo, según las normas establecidas en la “Guía y Claves para la Descripción de Perfiles de Suelo” de la FAO 2009 y la nomenclatura de la USFA Soil Taxonomy 2006.

##### **5.4.1. Propiedades físicas del suelo**

Para determinar de las propiedades físicas del suelo se recolectó muestras inalteradas y alteradas de los dos primeros horizontes, las muestras inalteradas fueron tomadas utilizando anillos Kopecki (100 cm<sup>3</sup>) en las que se determinó densidad aparente y saturación en el (Laboratorio de Suelos, Agua y Bromatología de la UNL). Las muestras alteradas fueron llevadas al Laboratorio de Suelos, foliares y aguas de Agrocalidad para determinar textura, contantes hidrofísicas, capacidad de campo (CC) y punto marchitez de permanente (PMP).

**Saturación:** las muestras fueron saturadas en el laboratorio hasta que la parte superior del cilindro se forme una película de agua ( $pF = 0$ ), en términos de volumen es igual a la porosidad total, luego se procedió a secar la muestra a 105° C, esta diferencia representa el porcentaje de saturación del suelo.

**Capacidad de campo (CC):** los resultados de esta propiedad se obtuvieron mediante el método de la centrifuga realizado en el laboratorio antes mencionado.

**Punto de marchitez permanente (PMP):** al igual que la CC, los resultados de esta propiedad se obtuvieron mediante un análisis realizado en el laboratorio de suelos, foliares y agua de Agrocalidad de la ciudad de Quito, empleando el método de la centrifuga.

**Densidad aparente:** se estableció mediante el método del cilindro, el cual consiste en lo siguiente; las muestras de suelo inalteradas fueron pesadas antes y después de ser colocadas en la estufa a 105° C por el lapso de 48 horas. Los datos obtenidos se reemplazaron en la siguiente fórmula:

$$Da (g/cm^3) = \frac{\text{Peso de la muestra seca a } 105^\circ \text{C (g)}}{\text{Volumen del cilindro muestriador (cm}^3\text{)}}$$

#### ***5.4.2. Curva de retención de humedad del suelo***

La gráfica de retención de humedad se la obtuvo con los resultados de los contenidos de humedad del suelo a diferentes tensiones: saturación, capacidad de campo y punto de marchitez permanente, siguiendo la metodología de Martínez, (1995).

#### ***5.4.3. Evaluación de las condiciones físicas del suelo***

Para determinar las condiciones físicas del suelo se utilizó el diagrama triangular, para relacionar los valores de agua aprovechable (AA), capacidad de aireación (CA) y el volumen de poros físicamente inerte (VFI). Obtenidas estas variables se procedió a clasificar la zona de condición física del suelo para el desarrollo del cultivo (Anexo 7).

#### ***5.4.4. Velocidad de infiltración de agua en el suelo***

Para el desarrollo de las pruebas de infiltración se estableció la metodología de Pérez & Delgadillo, (2016) aplicando el método del anillo doble, donde se realizó tres repeticiones en distintos lugares; las evaluaciones se realizaron cerca a la calicata donde se describió el perfil de suelo y formando un triángulo.

En la superficie del terreno se procedió a limpiar para colocar el cilindro infiltrómetro de doble anillo, a una profundidad apropiada, tanto el anillo exterior como el interior deben llegar hasta 10 cm de profundidad y nivelados (Anexo 8). Luego se llenó de agua el anillo externo y después el interno, para proceder a tomar las lecturas respectivas. Las lecturas se registraron durante el lapso de 4 horas en intervalos de 1, 5, 10, 15, 30, 60 min, hasta que el descenso del nivel de agua se estabilizó. Con el modelo matemático de Kostiakov se procesaron los datos obtenidos.

**Infiltración acumulada:** mediante la ecuación de Kostiakov se graficó la curva de infiltración en una hoja de cálculo, a partir del tiempo acumulado (eje x) y lámina acumulada (eje y). a continuación, la siguiente ecuación:

$$I_{cum} = A * T^B$$

Donde:

**I<sub>cum</sub>** Infiltración acumulada (cm)

**A y B** Parámetros de la ecuación (adimensional)

**t** Tiempo (min)

**Infiltración instantánea:** con base a la ecuación potencial positiva de la infiltración acumulada se obtuvo la infiltración instantánea, con la siguiente expresión:

$$I_{inst} = a * t^b$$

Donde:

**I<sub>inst</sub>** Infiltración instantánea (cm)

**t** Tiempo (min)

**a y b** Constantes negativas (adimensional), determinadas de las ecuaciones:

$$A = a/(b + 1) \rightarrow a = A(b + 1)$$

$$B = (b + 1) \rightarrow b = B - 1$$

**Velocidad de infiltración básica:** se determinó derivando la ecuación de infiltración instantánea y se multiplicó por un factor de conversión para expresarlo en horas; se obtuvo la siguiente expresión:

$$I_{bas} (mm/h) = a [(-600b)]^b$$

#### 5.4.5. Propiedades químicas

Se tomo 20 muestras de suelo alteradas con la ayuda de un barreno hasta una profundidad de 0,25 m y a una longitud aproximada entre 15 a 20 metros en zigzag por todo el terreno, del cual se recolecto 10 kg de suelo y después se realizó el cuarteo de la muestra hasta obtener 1 kg para analizar macro y micronutrientes, pH, conductividad eléctrica, materia

orgánica, en el Laboratorio de Agrarprojek que se encuentra ubicado en la ciudad de Quito ver (Anexo 4).

## **5.5. Metodología para el segundo objetivo**

**Diseñar un sistema de riego por goteo acorde a los requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*), en la parroquia Limones, cantón Zapotillo.**

### **5.5.1. Topografía de la zona**

Se realizó el levantamiento planimétrico y topográfico de la zona de estudio con ayuda de equipos topográficos de la UNL, tomando en cuenta la asignación de coordenadas sobre la superficie terrestre que están en la Zona 17 Sur DATUM WGS84 en el sistema de proyección Universal Transversal Mercator (UTM). Con la ayuda del GPS diferencial, se realizó la toma de puntos de partida y se procedió a levantar la topografía del terreno, en el cual se consideró los siguientes aspectos: puntos del relieve del terreno, cercas, captación de agua e infraestructura existente. Una vez obtenido el levantamiento se descargó los datos en un PC para que sean procesados con un software de diseño, con el fin de obtener la planimetría y topografía que presenta el terreno del área de estudio.

### **5.5.2. Medición del caudal para riego**

El agua que abastece a la finca procede del canal de riego Zapotillo y para saber el caudal del agua que abastece a la zona de estudio se procedió a aforar mediante el método volumétrico ver (Anexo 6). El método consiste en recoger en un tiempo específico una cantidad de material que se está aforando o recoger un volumen específico midiendo el tiempo utilizado en la recolección de este y con la ayuda de un recipiente donde se debe saber que cantidad de agua puede tener en litros (Trujillo, 2019). La ecuación utilizada es la siguiente:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

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

**V** Volumen (m<sup>3</sup>)

**t** tiempo (s)

### **5.5.3. Calidad de agua**

La muestra de agua se tomó del canal de riego, con base a los conceptos y recomendaciones teóricas del laboratorio Agrarprojekt, primeramente, se consiguió un envase de vidrio con tapa de rosca y de un almacenamiento de contenido de 1 L, el cual no tenía ningún residuo. Luego se lavó varias veces el envase con agua similar a la que se envió la muestra, una vez realizado esto se procedió a tomar la muestra de agua se rellenó el recipiente hasta el borde, ya que la aireación puede ocasionar ligeras variaciones en el pH de la muestra. Después se almacenó y conservó la muestra en una hielera termo espuma flex con hielo, por lo que se mantuvo en una temperatura adecuada para ser enviada al laboratorio de Agrarprojekt.

### **5.5.4. Diseño agronómico**

Consiste en calcular todos los parámetros necesarios para que el sistema de riego por goteo sea capaz de suministrar con eficiencia el agua a los cultivos en periodo de máximas necesidades, es decir, se calculó la cantidad de agua que necesita el cultivo para su desarrollo normal sin sufrir un déficit hídrico, así como el agua necesaria para el manejo efectivo de sales, esto siguiendo la metodología de (Pizarro, 1996).

#### **Necesidades hídricas del cultivo**

Esta variable permitió determinar la cantidad de agua que necesita el cultivo para contrarrestar la demanda de evapotranspiración en épocas críticas, por lo consiguiente se utilizó información de datos meteorológicos de los anuarios: del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), información del cultivo de cebolla ( $K_c$  y etapas fenológicas). Con la presente información se procedió a determinar lo siguiente:

#### **Evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ )**

Se tomó a consideración el método propuesto de la FAO (2006), que se refiere a la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ) por el coeficiente del cultivo ( $K_c$ ). Ecuación:

$$ET_c = ET_o * K_c$$

Donde:

$ET_c$ : Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

$ET_o$ : Evapotranspiración de referencia (mm/día)



Kc: Coeficiente del cultivo (adimensional)

### **Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>)**

Para determinar la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) primero se buscó las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de estudio, que presenten las características similares al lugar, es por ello que se trabajó con las estaciones de Zapotillo y también con estaciones del norte de Perú, que son la estación Lancones y Puerto Pizarro ver (Anexo 11). El método que se aplicó para determinar la ET<sub>o</sub> fue el de Hargreaves (1985) dado que se ajusta a la información de las estaciones seleccionadas: Temperaturas (máxima y mínima), radiación solar y humedad relativa en un periodo de 24 años (1990-2013). La fórmula aplicada es la siguiente:

$$ET_o = 0,0135 (T_{med} + 17,78) R_s$$

Donde:

ET<sub>o</sub>: evapotranspiración (mm/d)

T med: temperatura media (°C)

R<sub>s</sub>: radiación solar incidente (mm/día)

Para obtener el dato de la radiación solar incidente se utilizó la siguiente ecuación:

$$R_s = R_o * K_T * (T_{max} - T_{min})^{0,5}$$

Donde:

R<sub>o</sub>: radiación solar extraterrestre (mm/día)

K<sub>T</sub>: coeficiente empírico

T máx.: temperatura máxima diaria

T min: temperatura mínima diaria

**El valor de K<sub>T</sub>:** es un coeficiente empírico que se puede calcular a partir de datos de presión atmosférica, los valores estimados son; K<sub>T</sub> para regiones del interior de 0,162 y para regiones costeras un K<sub>T</sub> de 0,19.

### **Coefficiente del cultivo (Kc)**

Con información del cultivo de cebolla de la FAO 56, tomando en cuenta las etapas fenológicas se procedió a graficar la curva del Kc del cultivo.

### **Curva del coeficiente del cultivo (Kc)**

Para obtener la curva y valores del Kc del cultivo de cebolla se procedió a lo siguiente:

- ❖ Se distinguió las etapas fenológicas que van en función de la densidad y tamaño del cultivo.
- ❖ Se estableció la fecha de siembra y los meses que tarda en desarrollarse el cultivo.
- ❖ En la gráfica se colocó en el eje de las "x" el periodo de desarrollo y en el eje de las "y" el valor propuesto por la FAO, para cultivos de cebolla.
- ❖ Al finalizar se obtuvo los valores de Kc para cada etapa de desarrollo.

### **Precipitación efectiva (Pe)**

Para obtener la precipitación efectiva del área de estudio se trabajó con las mismas estaciones meteorológicas utilizadas para la ETo, estación Zapotillo, Lancones y Puerto Pizarro. Las estaciones que rodean el área de estudio se muestran en la siguiente Tabla 5, cuyos valores de precipitación corresponden a las medias mensuales de los anuarios meteorológicos.

**Tabla 5.**

*Estaciones meteorológicas para obtener precipitación efectiva.*

<b>Estación</b>	<b>Tipo</b>	<b>Código</b>	<b>Altitud (m)</b>	<b>Latitud (m)</b>	<b>Longitud (m)</b>
Zapotillo	Meteorológica	M151	120	584421,5	9515422
Lancones	Meteorológica	472FD6CE	136	550225,9	9486793
Puerto Pizarro	Meteorológica	103038	6	567193,3	9612698,6

Fuente: elaborado por el autor.

### **Requerimientos de riego**

Es la cantidad de agua que se debe aportar al cultivo, para asegurarse que recibe las totalidades necesarias para su desarrollo. Para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Requerimientos de riego} = \text{Etc} - \text{Pe}$$

Donde:

Pe: Precipitación efectiva (mm/mes)

ETc: Evapotranspiración de referencia (mm/mes)

### **Necesidades brutas**

Es el cociente entre el fraccionamiento del balance hídrico con la eficiencia del sistema de riego (Ea). La necesidad bruta de riego incluye las pérdidas excluidas de la necesidad neta de riego. Se determinó mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

Nb: Necesidades brutas (mm/día)

ETc: Evapotranspiración de cultivo (mm/día)

Ea: Eficiencia de aplicación para el sistema de riego por goteo (%)

### **Caudal ficticio continuo**

Este valor se lo obtuvo a partir de las necesidades brutas para todos los días del mes, aplicando la siguiente ecuación:

$$qc = \frac{Nb}{\text{Eficiencia sistema} * 8.64}$$

Donde:

Qc: Caudal continuo *l/s/ha*

Nb: Necesidades brutas del mes de máxima exigencia hídrica del cultivo (mm/mes)

### **Necesidades netas de riego**

Según Pizarro (1996) las necesidades de riego deben ser corregidas por:

### a) Localización

Primero se determinó el parámetro del área sombreada de la planta con relación a la superficie que moja, luego se multiplicó la proyección de la copa del árbol sobre el suelo por la densidad de plantas. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi D m^2}{4 (a * b)}$$

Donde:

A: Área sombreada de la planta (m<sup>2</sup>)

Dm<sup>2</sup>: Diámetro de la copa del árbol (m)

a: Distancia entre plantas (m)

b: Distancia entre hileras (m)

El KI se lo obtiene con base a cuatro fórmulas de cálculo, siendo A el área sombreada de la planta:

Ecuación de Aljibury ..... KI = 1,34 A

Ecuación de Decroix ..... KI = 0,1 + A

Ecuación de Hoare ..... KI = A + 0,5 (1 - A)

Ecuación de Keller ..... KI = A + 0,15 (1 - A)

Una vez obtenidos los valores de KI, se eliminaron los extremos (valores máximo y mínimo) y se procede a sacar el promedio de los dos datos restantes.

### b) Por condiciones locales

Aquí se presentan las siguientes variaciones:

**Variación climática (Kv):** se basó de acuerdo al criterio de Hernández Abreu de aplicar siempre un coeficiente comprendido entre 1,15 y 1,20. Para el presente trabajo se utilizó el Kv = 1,20 debido a que en los RLAf (Riegos Localizados de Alta Frecuencia) el volumen de suelo mojado es reducido y por tanto los coeficientes son siempre elevados.

**Variación por advección (Ka):** se determinó a partir de la superficie que se va a regar y de la naturaleza del cultivo.

### c) Necesidades netas de riego (NT)

Se calculó las necesidades netas (Nn) a partir del balance hídrico, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Nn = ETrl - (Pe + Gw + \Delta w)$$

Donde:

Etrl: Evapotranspiración corregida (mm/día)

Pe: Precipitación efectiva (mm)

Gw: Aporte capilar (mm)

$\Delta w$ : Variación en el almacenamiento de agua (mm)

### d) Necesidades totales (NT)

Una vez obtenidas las necesidades netas (Nn), se procedió al cálculo de las necesidades totales, en lo cual se consideró lo siguiente:

#### Pérdidas por percolación (K)

Eficiencia de aplicación (Ef), para el riego por goteo según (INIA, Instituto Nacional de Innovación Agraria 2010), debe tener una eficiencia del 90 a 95 %.

$$K = 1 - \text{Ef. Aplicación}$$

#### Requerimiento de lavado (RL)

$$RL = \frac{CEi}{2CES * f}$$

Una vez obtenidos los dos valores de cada fórmula, se toma el que tenga valor más alto para proceder a calcular las (NT), en este caso el (LR) obtuvo el valor más alto.

Para el cálculo de las necesidades totales (NT), se aplicó la siguiente fórmula:

$$Nt = \frac{Nn}{Cu(1 - K)}$$

Donde:

Nn: Necesidades netas (mm/día)

K: Coeficiente de pérdidas por percolación

Cu: Coeficiente de uniformidad (Cu) valor 0,9.

### **Necesidades diarias por planta**

Con base al marco de riego se obtuvo:

$$N_{diarias} = Nt * a * b$$

Donde:

Nt: Necesidades totales (mm/día)

a: Separación entre plantas (m)

b: Separación entre hileras (m)

### **Parámetros de riego**

Para el cálculo de los siguientes parámetros se basó en la metodología de Martínez (2014), donde se obtuvo dosis, frecuencia y tiempo de riego. Son de mucha importancia para llevar a cabo el diseño y hay que considerar el caudal del emisor y la textura del suelo.

### **Área mojada por emisor**

Según Pizarro (1996) considera primero la textura del suelo que presenta la zona de estudio, como son tres texturas: gruesa, media y fina; y en la zona de estudio presentó una textura gruesa con la cual se procedió a trabajar:

$$\text{Textura gruesa (arenoso)} = 0,3 + 0,12 * q$$

$$\text{Textura media (franco)} = 0,70 + 0,11 * q$$

$$\text{Textura fina (arcilla)} = 1,2 + 0,10 * q$$

Una vez obtenido el diámetro mojado (Ds), se determinó el área mojada:

$$Ae = \frac{\pi Ds^2}{4}$$

### **Número de emisores por planta**

Para su obtención se utilizó la siguiente ecuación:

$$n_e = \frac{Sp * P}{100 * Ae}$$

ne: número de goteros por planta (u)

P: % de suelo mojado

Sp: disposición entre plantas (m<sup>2</sup>)

Ae: Área mojada del gotero (m<sup>2</sup>)

### **Separación entre emisores (Se)**

Se considera un solape del 100% para el solape máximo y mínimo, con el radio húmedo (Rm) del emisor según la textura del suelo.

$$Se = Rm(2 - \frac{s}{100})$$

Donde:

Se: separación entre emisores (m)

Rm: radio húmedo (m)

S: traslape recomendado (%)

### **Porcentaje de superficie real**

Se determinó con la siguiente fórmula:

$$P = \frac{Ne * 100 * Ae}{Sp}$$

Donde:

Ne: número de goteros por planta (u)

Ae: área mojada del gotero por planta (m<sup>2</sup>)

Sp: disposición de plantas (m<sup>2</sup>)

#### **5.5.5. Dosis, frecuencia y tiempo de riego**

Con la metodología de Pizarro, (1996) se determinó las siguientes variables:

##### **Lamina neta**

Es la cantidad de agua rápidamente aprovechable teniendo en cuenta el nivel de reposición (NR) o porcentaje de agotamiento del agua aprovechable. Luego se calculó:

$$Ln = 10\,000 * \left( \frac{CC - PMP}{100} * Z * Da \right)$$

Donde:

Ln: lámina de riego m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>

CC; capacidad de campo de cada horizonte (%)

PMP: punto de marchitez permanente (%)

Z: profundidad radicular (m)

Da: densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)

##### **Frecuencia de riego**

Determinar cada que tiempo se debe aplicar el agua en el suelo o cuando regar. Se procedió a calcular:

$$Fr = \frac{Hd}{Etc}$$

Donde:

Fr: frecuencia de riego (días)

Hd: altura de déficit (mm/día)



Etc: Evapotranspiración máxima corregida (mm/día)

### **Tiempo de riego**

Se determinó con base a lo siguiente:

$$Tr = \frac{Hd}{PP * Efr}$$

#### **Donde:**

Tr: tiempo de riego (h/día)

Hd: altura déficit (mm/día)

PP : precipitación

Efr: Eficiencia de riego

### **5.5.6. Diseño hidráulico**

Con el proyecto se definió los diámetros y longitudes de las diferentes redes de tuberías que formaron parte del sistema de riego por goteo (regantes, distribuidoras y conducción), esto con la metodología de Pizarro, (1996). El diseño hidráulico para el proyecto se considerara al menos dos criterios básicos: a) que las secciones operen con una uniformidad de emisión mayor a 90% y, b) que la velocidad en las tuberías de la red se encuentre en el rango de 0,5 a 2,5 m/s (Jiménez, 2017).

#### **Diseño de la tubería lateral y secundaria de riego**

##### **Caudal del lateral**

El caudal de la lateral se determinó a partir de la siguiente expresión:

$$Ql = Qe * Ngl$$

Donde:

Ql: caudal del lateral (l/s)

Qe: caudal del emisor (l/s)

Ngl: número de goteros por lateral (u)

El caudal de la tubería secundaria se obtuvo, con la siguiente ecuación:

$$Q_s = Q_l * N_e$$

Donde:

Q<sub>s</sub>: caudal de la secundaria (l/s)

Q<sub>l</sub>: caudal del lateral (l/s)

N<sub>e</sub>: número de laterales funcionando (u)

### **Longitud del lateral y secundaria**

Se procedió a calcular las tuberías correspondientes para el diseño del sistema de riego, para aquello se toma el lateral más crítico para poder calcular y también así mismo a la tubería secundaria, con ayuda del programa software de diseño.

### **Pérdidas de carga por fricción**

Para obtener las pérdidas de carga por fricción en las tuberías se utilizó la fórmula matemática que emplea Moreno (2023) en su proyecto, la cual es la siguiente:

$$hf = J * L * F$$

Donde:

hf: pérdida de carga en la tubería (m)

J: gradiente hidráulico (m m<sup>-1</sup>)

L: longitud de la tubería (m)

F: coeficiente de reducción de pérdidas de Christiansen

### **Coeficiente de Christiansen (F)**

Se obtuvo con la ecuación:

$$F = \frac{2n}{(2n - 1)} * \left( \frac{1}{B + 1} \right) * \left( \frac{(B - 1)^{1/2}}{6n^2} \right)$$

Donde:

F: factor de Christiansen

B: para la tubería P.V.C (1,8); polietileno (1,75); aluminio (1,9)

N: número de salidas en la tubería (u)

### **Velocidad del agua**

Se obtuvo con la siguiente ecuación:

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

Donde:

V: velocidad media del agua en la tubería (m/s)

Q: caudal (m/s)

A: área de la sección circular interna de la tubería (m<sup>2</sup>)

### **Diseño de la tubería principal**

#### **Caudal principal**

Se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Q_p = Q_s * Nl$$

Donde:

Q<sub>p</sub>: caudal de la principal (l/s)

Q<sub>s</sub>: caudal de la tubería secundaria (l/s)

Nl: número de tuberías secundarias en funcionamiento en el mismo momento (u)

#### **Pérdidas de carga por fricción longitudinal**

Se utilizó la fórmula de Hazen-Williams, que se presenta a continuación:

$$hf = J * L$$

Donde:

hf: pérdida de carga en la tubería para una longitud (m)

J: gradiente hidráulico (m m<sup>-1</sup>)

L: longitud de la tubería (m)

El gradiente hidráulico se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$J = 1,21 \times 10^{10} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * (D)^{-4,87}$$

Donde:

Q: caudal (l/h)

C: coeficiente de fricción

D: diámetro interior de la tubería (mm)

### **Carga dinámica total**

Se determinó con base a lo siguiente:

$$CDT = P_o + hflt_{s1} + hflt_{s2} + hfl + hfl_{filtro} + hfl_{acc}$$

Donde:

P<sub>o</sub>: Presión de operación

hflt: Pérdidas de carga por sector (m)

hfl: Pérdidas de carga en la tubería principal (m)

hfl<sub>filtro</sub> : Pérdidas de carga del filtro (m)

hfl<sub>acc</sub> : Pérdidas de carga por accesorios (m)

## **5.6. Diseño de reservorio**

Se realizó el diseño de un reservorio para poder almacenar el agua necesaria que servirá de ayuda al momento de regar el cultivo de cebolla, basada en la metodología de Cando, (2022).

## **Capacidad del reservorio**

Para determinar la capacidad del reservorio, se consideró la compensación de las variaciones horarias de consumo y los eventuales desperfectos. Para el cálculo del volumen de almacenamiento se utilizó métodos analíticos, donde se debe disponer de consumo por horas y del caudal disponible de la fuente. Con el valor de volumen (V) se definió el reservorio, donde se considera la relación del ancho de la base (b) y altura (h).

## **Parámetros a calcular para el diseño**

Con el caudal de entrada y diámetro de la tubería de descarga se determinó lo siguiente: el talud del reservorio, el borde libre, la altura mayor del agua, la pendiente transversal al largo del fondo, el ancho del borde de anclaje, la longitud de anclaje subterráneo, el tiempo de embalse, el volumen neto de diseño, el largo del fondo, el ancho del fondo, el área del fondo, el área de espejo del agua, altura menor de agua, volumen neto calculado. El volumen neto de diseño que se busca lograr aproximado es de los 25 m<sup>3</sup>. Una vez obtenidos los parámetros requeridos para el reservorio, se procedió a calcular el área para la geomembrana, con ayuda de los valores de la longitud del talud, el área de taludes y el área de anclajes. En el anexo 15 se puede apreciar los parámetros obtenidos.

## **5.7 Bomba para riego**

Establecidos los parámetros del reservorio, se procedió a calcular los factores requeridos para la utilización de una bomba que servirá para regar el cultivo de cebolla, el caudal de entrada para que se llene el reservorio es de 2,5 L/s. Primero se obtuvo la CDT (Carga Dinámica Total) y también del manual de Pedrollo 60Hz, se procedió a seleccionar la bomba adecuada para el sistema de riego que presente las características necesarias para cumplir con su objetivo, se determinó mediante la succión, la altura manométrica y la potencia de la bomba.

## **5.8. Metodología para el tercer objetivo**

**Determinar el costo de inversión para implementar el sistema de riego en el cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*).**

Se determinó el presupuesto general del diseño de sistema de riego con ayuda de los precios actualizados a la fecha de la página Riego Ecuador y de AquaRiego, de cada uno de los componentes detallados en el diseño. A la par, se procedió a sacar los valores por sectores y también el costo del cabezal principal, red de tubería principal, accesorios, etc.

También se determinó el presupuesto que demanda el reservorio, obteniendo los  $m^2$  de geomembrana que ocupa para su implementación y considerando los  $m^3$  de excavación a máquina y la mano de obra, esto con ayuda de los precios unitarios en Ecuador.

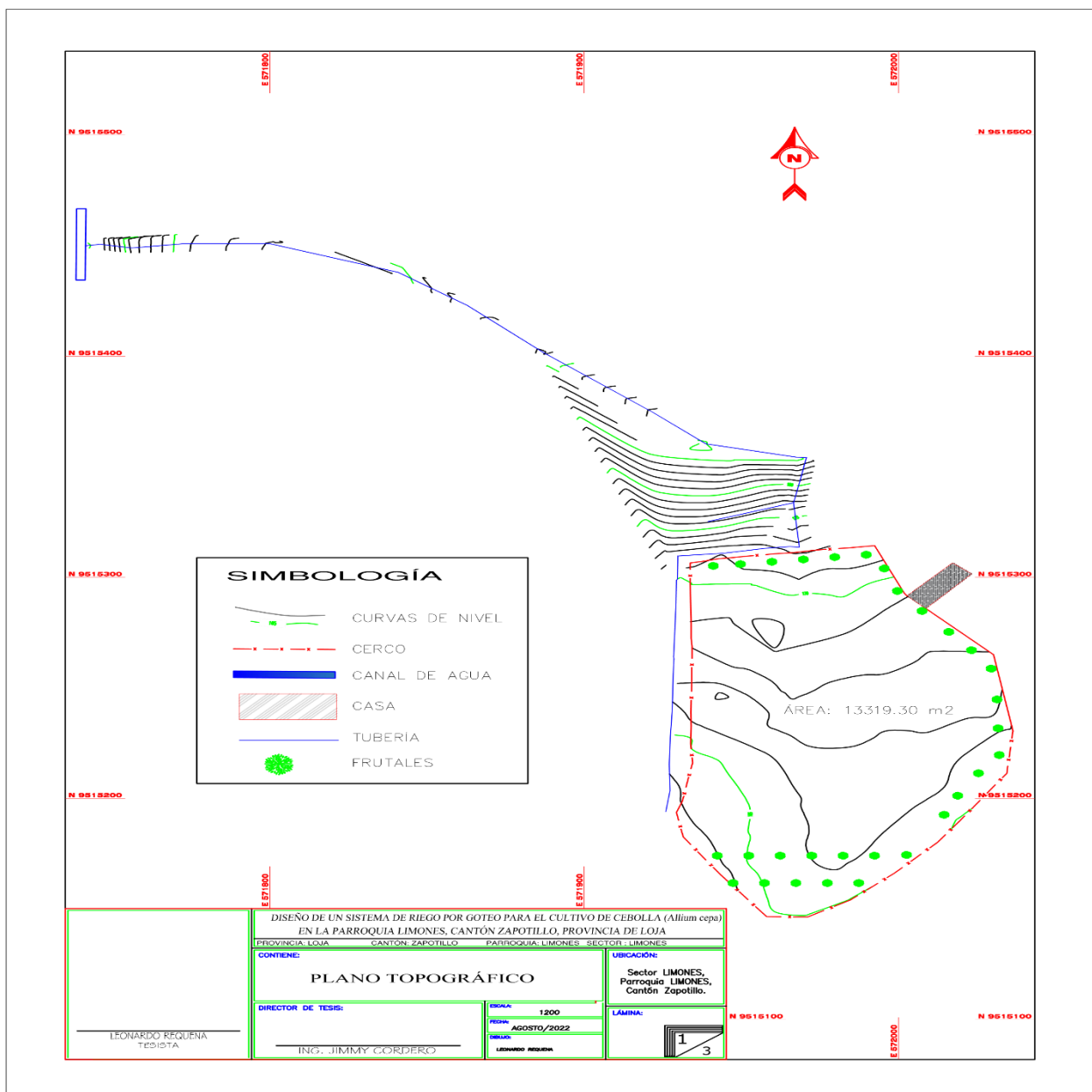
## 6. Resultados

### 6.1 Determinación de la superficie de riego

Con la información topográfica levantada en el área de estudio y a través de un programa software se determinó que la superficie a irrigar es de 1 ha, donde se distribuyó en 4 sectores para un mejor uso y manejo del sistema de riego (Anexo 18). Por las características del cultivo de cebolla en su fase final se desarrolló la densidad de siembra de 0,10 m por 0,10 m entre hileras y plantas, la longitud de la cama es de 89 m de largo y 1 m de ancho con 0,5 m de camino. En la Figura 6 se puede apreciar la topografía del terreno:

**Figura 6.**

*Plano topográfico del sector de estudio.*



Fuente: elaborado por el autor.

## 6.2 Caudal y descripción de la fuente abastecedora

La fuente de agua se obtiene del sistema de riego sifón Limones, el cual se obtuvo un caudal que llega a la propiedad de 2,42 L/s, considerado en tiempo de estiaje mes de octubre, donde el caudal de riego reduce y se requiere el más crítico para poder diseñar el sistema de riego. El caudal obtenido no es suficiente para poder regar todo el predio, por lo que se consideró en el diseño del sistema un reservorio para poder almacenar la cantidad de agua necesaria. En el diseño para el sistema de riego se distribuyó para cuatro sectores, donde en un día se regarán dos sectores y al día siguiente los otros dos, el cual necesitaría de 35 m<sup>3</sup> en promedio para regar y el sector que necesita más consumo de agua es el sector 1 con 18 m<sup>3</sup>. A continuación en la Tabla 6 se presenta los valores del aforo volumétrico:

**Tabla 6.**

*Valor del caudal obtenido por el aforo volumétrico.*

<b>Volumen (L)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
20	8.16	2.45
20	8.26	2.42
20	8.48	2.36
20	8.22	2.43
20	8.12	2.46
<b>Promedio</b>	<b>8.25</b>	<b>2.43</b>

Fuente: elaborado por el autor.

## 6.3. Descripción de los horizontes de la calicata

Se describió el perfil del suelo (Figura 7) en la zona central del área de estudio con las coordenadas planas 572000.919 m E y 9515238,07 m N y a una altitud de 159 m.s.n.m. El suelo en la zona presenta una ligera presencia de coluvios en superficie de distintos tipos de rocas < 5%. Pendiente de 4 %. Cono de arrastre de la quebrada Checa al presentar material desordenado como efecto del depósito aluvial y un piso vegetacional de maíz.

En cuanto a la descripción de la calicata presentó tres horizontes en superficie ver (Anexo 2), de textura franco-arenosa, una estructura fuertemente evolucionada y una coloración en el perfil castaño amarillento claro a simple, en el matiz 10 YR y con raíces presentes en los dos primeros horizontes del perfil que van de abundantes a comunes en el primer horizonte y



disminuyen a comunes con la profundidad. En profundidad se encuentra una secuencia de horizontes (Ap/Bw/C), producto de depósitos aluviales y que se caracterizan por una alta presencia de gravas y arenas. La calicata se encuentra inserta en un sector de topografía plana, en el área de inundación de la quebrada checa.

**Figura 7.**

*Horizontes del perfil del suelo.*



Fuente: Autor.

**6.4. Calidad del agua para riego**

La calidad del agua es apta para riego porque tiene un pH de 7,8 y el rango recomendado que debe tener el agua para riego de cultivos frutícolas intensivos va de 5,4 a 8,8 (Anexo 5). La conductividad eléctrica es de 0.51 mS/cm, casi ideal y la  $C_e$  recomendada es que sea  $<0,1$ . Los sólidos en suspensión se encuentran por encima del rango aceptable con 1120 mg/l. El Ca, Mg, Na, K, Cl,  $CO_3$ ,  $HCO_3$ , presentan baja presencia de sales y sodificación como se muestra en la siguiente Tabla 7:

**Tabla 7.***Resultados de los análisis de agua de riego.*

<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidades</b>
<b>pH</b>	7,8	-
<b>Conductividad (CE)</b>	0,51	ms/cm
<b>Salinidad</b>	0,7	dS/m
<b>Sólidos disueltos totales</b>	1120	mg/l
<b>Dureza total</b>	-	-
<b>Clasificación</b>	agua semidura	-
<b>Grado dureza</b>	12,4	-
<b>Dureza en mmol/l</b>	2,22	mmol/l
<b>Dureza equivalente CaCO<sub>3</sub> en ppm</b>	222	mg/l
<b>Nitrato (NO<sub>3</sub>)</b>	1	mg/l
<b>Fosfato (PO<sub>4</sub>)</b>	0,1	mg/l
<b>Sulfato (SO<sub>4</sub>)</b>	110	mg/l
<b>Cloruro (Cl)</b>	12,1	mg/l
<b>Bicarbonato (HCO<sub>3</sub>)</b>	215	mg/l
<b>Σ Aniones</b>	6,18	meq/l
<b>Amonio (NH<sub>4</sub>)</b>	0,1	mg/l
<b>Potasio (K)</b>	1,1	mg/l
<b>Magnesio (mg)</b>	14,7	mg/l
<b>Calcio (Ca)</b>	64,5	mg/l
<b>Sodio (Na)</b>	37,3	mg/l
<b>Σ Cationes</b>	6,08	meq/l
<b>Hierro (Fe)</b>	0,093	mg/l
<b>Manganeso (Mn)</b>	0,069	mg/l
<b>Cobre (Cu)</b>	0,01	mg/l
<b>Zinc (Zn)</b>	0,041	mg/l
<b>Boro (B)</b>	0,088	mg/l

Fuente: elaborado por el autor.

### 6.5. Resultados del primer objetivo

Realizar la caracterización de las propiedades físicas y químicas del suelo del área de estudio.

En la Figura 7 se observa que el horizonte A va de una profundidad de 0 a 15 cm, es un suelo franco arenoso de color amarillento claro, mientras que el horizonte Bw va a una profundidad de 15 a 35 cm, es un suelo franco arenoso de color castaño amarillento oscuro y el horizonte C va de una profundidad de 35 a 85 cm es un suelo arenoso de color pardo castaño grisáceo oscuro. En la Tabla 8 se puede observar las características que más predominan en cada horizonte del perfil descrito:

**Tabla 8.***Características físicas y morfológicas del pedón.*

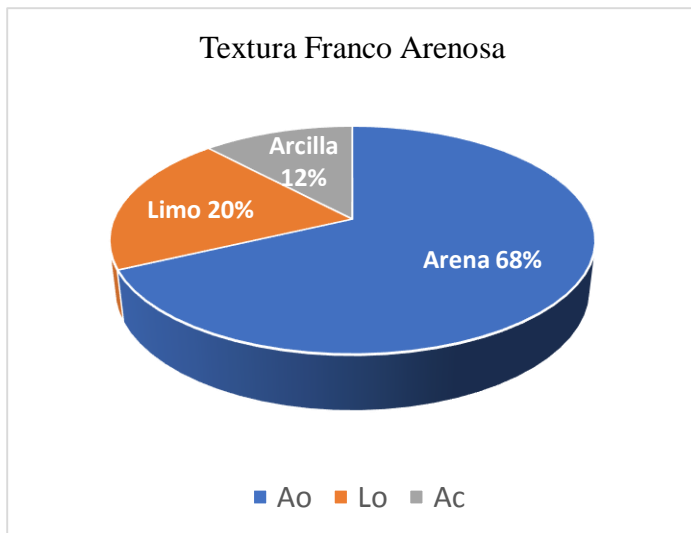
<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Características</b>
0 - 15 A	Castaño amarillento claro (10 YR 6/4); franco arenoso; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; grava fina (2-5 mm); una estructura fina, bloques subangular, medio y grado fuerte; resistencia en seco ligeramente duro y en húmedo friable; raíces muy finas, finas comunes y medias abundantes; poros muy finos y finos comunes, medios abundantes; sin reacción al HCl; límite lineal claro.
15 - 35 Bw	Castaño amarillento oscuro (10 YR 4/4); franco arenoso; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; grava media (5- 20 mm); una estructura fina, grado moderado, bloques subangular y medios; resistencia en húmedo friable; raíces medias comunes; poros muy finos y finos comunes, medios abundantes; sin reacción al HCl; límite lineal claro.
35- 85 C	Pardo castaño grisáceo oscuro (10 YR 4/2); arenoso; no plástico; no adhesivo; presenta grava fina, grava media y grava gruesa.

Fuente: Elaborado por el autor.

**5.5.1. Propiedades físicas del suelo**

Las propiedades físicas del suelo de la zona de estudio presentan una composición granulométrica de un 68% de arena, un 20% de limo y 12% de arcilla en el horizonte superficial, como se puede apreciar en la Figura 8:

**Figura 8.***Porcentaje de la textura del horizonte 1.*

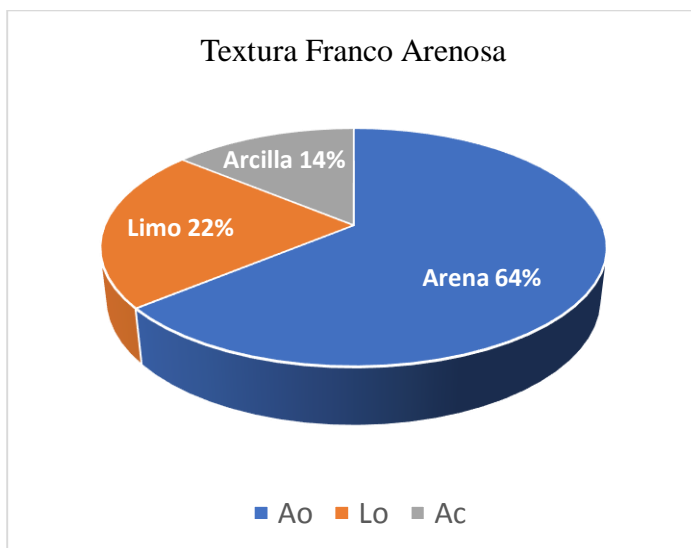


Fuente: elaborado por el autor.

Mientras tanto, como se puede observar en la figura 9, el horizonte Bw tiene un 64% de arena, 22% de limo y un 14% de arcilla. Para corroborar con esta información, en el (Anexo 3) se puede verificar los resultados de los análisis de las muestras de suelo.

**Figura 9.**

*Porcentaje de la textura del horizonte 2.*



Fuente: elaborado por el autor.

**6.5.2. Constantes físicas e hidrofísicas del suelo**

Los factores que dan las condiciones adecuadas para que las plantas se desarrollen de la mejor manera posible, se encuentran; proporciones de agua adecuada, los microorganismos, características de los minerales, entre otros. En la Tabla 9 se presenta los resultados de los

contenidos de humedad en unidades volumétricas de los dos primeros horizontes, donde el horizonte A tiene una saturación de 31,23 y el horizonte Bw tiene 21,3, la capacidad de campo es de 14,4 y 12,3 para los horizontes en su orden respectivamente, el punto de marchitez permanente del horizonte A es de 7,83 y del Bw es de 5,8 y por último la densidad aparente es de 1,35 y 1,52 g/cc para los horizontes A y Bw respectivamente.

**Tabla 9.**

*Constantes físicas e hidrofísicas del perfil del suelo.*

Perfil	Profundidad	Horizonte	Saturación	CC	PMP	Da (g cm <sup>3</sup> )
	cm		pF = 0 (%)	pF = 2.52 (%)	pF = 4.2 (%)	
H1	0 - 15	A	31,23	14,42	7,83	1,35
H2	15 - 35	B	21,58	12,3	5,8	1,52

Fuente: elaborado por el autor.

### 6.5.3. Evaluación de las condiciones físicas del suelo

El resultado de la evaluación de las condiciones físicas del suelo se clasificó como muy pobre (Anexo 9), esto se estableció con la ayuda del diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo que recomienda utilizar (Valarezo et al. 1998); como se puede apreciar en la Tabla 10, que se encuentra determinado por horizonte:

**Tabla 10.**

*Clasificación de la clase textural del suelo de cada horizonte.*

Horizonte	Textura	AA % $\theta_v$	CA % $\theta_v$	VFI % $\theta_v$	Zona	Clase
H1	Franco arenoso	6,59	16,81	76,6	I	Muy pobre
H2	Franco arenoso	6,52	9,26	84,22	I	Muy pobre

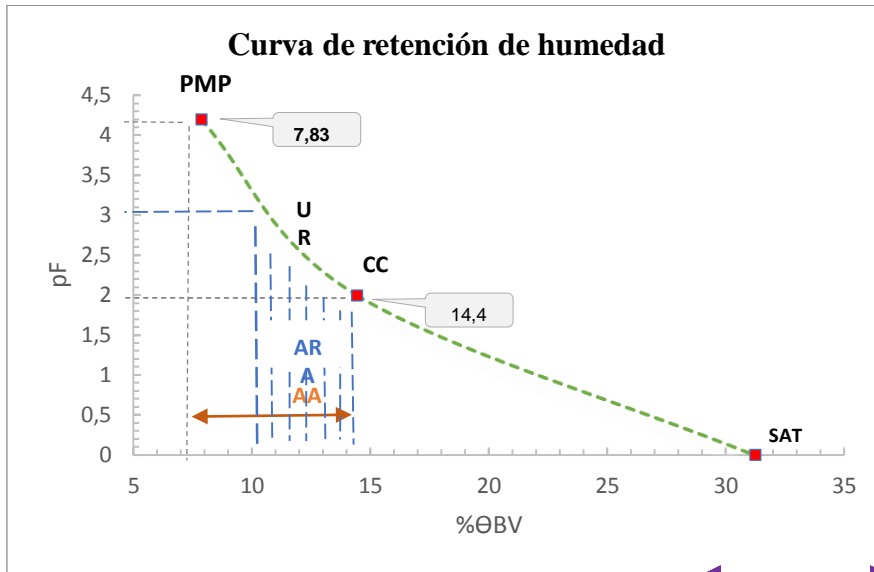
Fuente: elaborado por el autor.

### 6.5.4. Curva de retención de humedad del suelo

En la Figura 10 se presenta la curva de retención de humedad del horizonte 1 se obtuvo las constantes hidrofísicas de capacidad de campo (CC) de 14,42 %, punto de marchitez permanente (PMP) de 7,83% y una saturación de 31,23%.

**Figura 10.**

*Curva de retención de humedad del horizonte 1.*

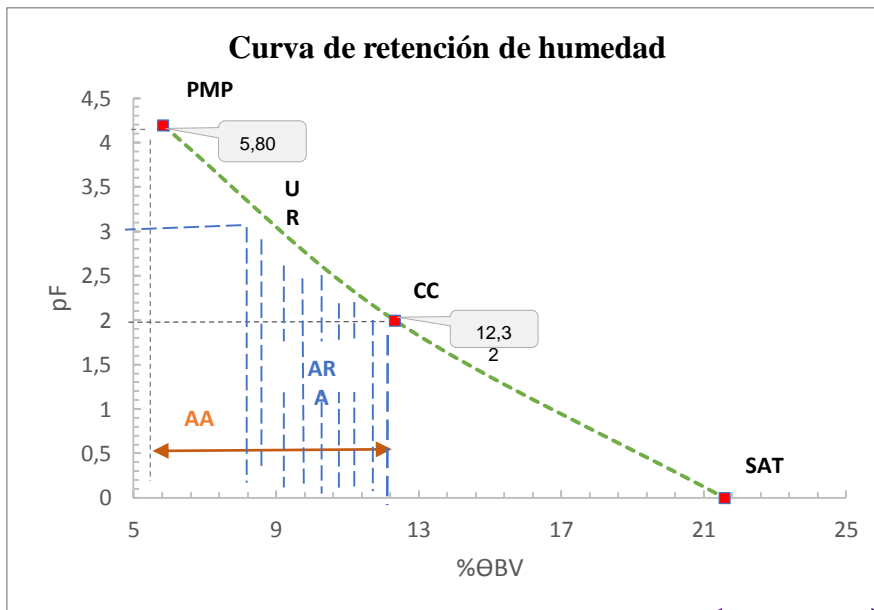


Fuente: elaborado por el autor.

En la Figura 11 se presenta la curva de retención de humedad del horizonte 2, el cual presenta un suelo de textura franco arenoso con un poco de presencia de arcilla, se obtuvo con base a los datos de las constantes hidrofísicas: capacidad de campo (CC) de 12.32%, punto de marchitez permanente (PMP) de 5.80% y una saturación de 21.58%.

**Figura 11.**

*Curva de retención de humedad del horizonte 2.*



Fuente: elaborado por el autor.

### 6.5.5. Velocidad de infiltración de agua en el suelo

La velocidad de infiltración promedio es de 70 mm/h, que según la USDA (2014) la clasifica como infiltración moderadamente rápida.

## 6.6 Resultados del segundo objetivo

Diseñar un sistema de riego por goteo acorde a los requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*), en la parroquia Limones, cantón Zapotillo.

### 6.6.1. Diseño Agronómico

Para el diseño agronómico se determinó los requerimientos hídricos del cultivo de cebolla para la época de máxima demanda de agua, para aquello se calculó las necesidades de agua del cultivo y los parámetros de riego (Anexo 13). En la Tabla 11 se estima la precipitación efectiva, la evapotranspiración del cultivo de referencia, el coeficiente del cultivo, las necesidades de riego, etc.

**Tabla 11.**

*Requerimientos de riego para el cultivo de cebolla.*

Parámetros	REQUERIMIENTOS DE RIEGO							
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Días	30	31	30	31	30	31	30	31
Pe ( $mm\ mes^{-1}$ )	71,8	17,9	4,96	1,78	2,5	3,3	6,25	17
Pe ( $mm\ dia^{-1}$ )	2,39	0,58	0,17	0,06	0,08	0,11	0,21	0,55
ETo ( $mm\ dia^{-1}$ )	5,92	5,37	<b>5,06</b>	5,32	6,66	<b>6,74</b>	6,67	6,52
Kc ( $mm\ dia^{-1}$ )	0,78	1,05	1,05	0,75	0,78	1,05	1,05	0,75
ETc ( $mm\ dia^{-1}$ )	4,62	5,64	5,31	<b>3,99</b>	5,19	<b>7,08</b>	7,00	4,89
ETc ( $mm\ mes^{-1}$ )	138,5	174,7	159,3	123,6	155,8	219,3	210,1	151,5
Nr ( $mm\ dia^{-1}$ )	2,22	5,06	5,15	3,93	5,11	6,97	6,80	4,34
Eficiencia del sistema (%)					90			
NB ( $mm\ dia^{-1}$ )	2,47	5,62	5,72	4,37	5,68	7,75	7,55	4,82
Caudal ficticio $ls^{-1}\ ha^{-1}$	0,29	0,65	0,66	0,51	0,66	0,90	0,87	0,56

Fuente: elaborado por el autor.

### **Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>)**

La mayor E<sub>to</sub> se presenta en el mes de octubre con 6,74 mm día<sup>-1</sup>, mientras que la menor evapotranspiración le corresponde al mes de junio con 5,06 mm día<sup>-1</sup>, es importante tener el dato de este parámetro ya que indica la verdadera necesidad de agua para el cultivo.

### **Evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>)**

La mayor evapotranspiración del cultivo se da en el mes de octubre con 7,08 mm día<sup>-1</sup> y la de menor en el mes de julio con 3,99 mm día<sup>-1</sup>.

### **Precipitación Efectiva (P<sub>e</sub>)**

El mes que presentó un mayor valor de precipitación efectiva fue en el mes de abril con 2,39 mm día<sup>-1</sup> y la menor en el mes de julio con 0,06 mm día<sup>-1</sup>

### **Coefficiente del cultivo (K<sub>c</sub>)**

Con la ayuda del manual de la FAO (2006) se estimó los datos de coeficiente del cultivo de cebolla, para las diferentes etapas fenológicas; para el mes de abril 0,78, para el mes de mayo y junio 1,05 y julio 0,75, esto correspondiente a la primera campaña durante el año. Para la segunda campaña en el mes de septiembre 0,78, en el mes de octubre y noviembre 1,05, en el mes de diciembre 0,75. En el (Anexo 10) se puede corroborar el coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>).

### **Necesidades de riego (N<sub>r</sub>)**

La necesidad de riego máxima está en el mes de octubre con 6,97 mm día<sup>-1</sup>, el mes en que se presenta menor demanda hídrica es en abril con 2,22 mm día<sup>-1</sup>, se pretende tener dos campañas al año, desde el mes de abril al mes de julio, el mes de agosto se deja descansar el terreno y desde el mes de septiembre inicia la segunda campaña para el cultivo hasta el mes de diciembre, con ello se justifica el diseño de sistema de riego por goteo para el cultivo de cebolla que será utilizado en todo el tiempo de verano.

### **Necesidades brutas (N<sub>B</sub>)**

El mes que requiere mayor demanda de riego es en el mes de octubre con 7,75 mm día<sup>-1</sup>, se asemeja con el de noviembre ya que tiene 7,55 mm día<sup>-1</sup>; la mayoría de los meses se mantienen en un rango medio elevado a excepción del mes de abril que presentó el valor menor 2,47 mm día<sup>-1</sup>.



### Caudal ficticio continuo (Qc)

El mayor caudal ficticio le corresponde al mes de octubre (0,9 l/s/ha), esta razón se da porque este mes es el que requiere mayor demanda de agua por ende va a requerir mucha más agua el cultivo, sin duda los demás meses también representan un valor medio alto ya que en esta época es el tiempo de verano, donde influyen muchos factores como ser la insolación, velocidad del viento, temperatura, etc. En la Tabla 12 se presentan las necesidades de riego para el cultivo de cebolla:

**Tabla 12.**

*Necesidades de riego, necesidades brutas y caudal ficticio continuo.*

Parámetros	Meses									
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Nr de riego (mm/día)	2,22	5,06	5,15	3,93	-	5,11	6,97	6,80	4,34	
Eficiencia del sistema (%)	0,90	0,91	0,92	0,93	-	0,95	0,96	0,97	0,98	
NB de riego en (mm/día)	2,47	5,62	5,72	4,37		5,68	7,75	7,55	4,82	
Caudal ficticio (l/s/ha)	0,29	0,65	0,66	0,51		0,66	0,90	0,87	0,56	

Fuente: elaborado por el autor.

### Parámetros de riego

Se seleccionó la cinta de goteo más conveniente que se adecua a las necesidades del cultivo, la marca de la cinta es Chapin-Drip (Naandanjain) una cinta de buen material y manejo para poder ser colocada al terreno, el caudal que emite por emisor es de 1,0 l/h (Anexo 12). Luego se obtuvo los parámetros de dosis, frecuencia y tiempo de riego, dando como valor una frecuencia de riego de 2 días, el tiempo de riego 0,7 horas, la lámina neta obtenida es de 7 mm, una superficie mojada real de 70%, la separación entre emisores de 0,20 m, un área mojada por emisor de 0,14 m<sup>2</sup>. En la Tabla 13 se muestra los parámetros de riego con respecto al diseño:

**Tabla 13.**

*Parámetros de riego.*

Parámetros de riego			
Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área mojada por emisor	A <sub>e</sub>	m <sup>2</sup>	0,14
Numero de emisores	N <sub>e</sub>	U	98 962

Separación entre emisores	$S_e$	m	0,20
Superficie mojada real	P	%	70
Lámina neta	$L_n$	mm	7,0
Frecuencia de riego	$F_r$	día	2
Tiempo de riego	t	min	42
Número de camas	$N_c$	U	72
Caudal de la cinta de goteo	$Q_e$	l/h	1

Fuente: elaborado por el autor.

### 6.6.2. Diseño hidráulico

Para tener una mejor distribución del agua, el diseño del sistema se subdivide en cuatro sectores donde todos tienen un alto porcentaje de uniformidad de demanda de caudal; el sector 1 tiene un área neta de 1706,4 m<sup>2</sup>, cuenta con 81 laterales de 56 m de longitud y el número de emisores es de 25596,9. El sector 2 tiene un área de 1633,05 m<sup>2</sup>, cuenta con 57 laterales de 89 m de longitud y el número de emisores es de 24495,6, el sector 3 tiene un área de 1672,17 m<sup>2</sup>, cuenta con 60 laterales de 89 m de longitud y el número de emisores es de 25082,7. El sector 4 tiene un área de 1614,52 m<sup>2</sup>, cuenta con 66 laterales de 72 m de longitud y su número de emisores es de 23786,4 unidades, (Anexo 14). Cabe recalcar que las laterales están separadas a 0,30 metros de cada una, la parcela está distribuida por camas y cada cama tiene 1 m de ancho con 3 laterales.

#### Diseño de la tubería lateral y secundaria de riego

La tubería lateral presenta las siguientes características: una longitud de 89 m, un diámetro nominal de 16 mm, caudal de 1,0 l/h, una velocidad del flujo de 0,68 m s<sup>-1</sup>, una pérdida de carga por fricción de 0,96 m; mientras que la tubería secundaria tiene una longitud de 80,96 m, un diámetro nominal de 47,4mm, el caudal de 4,07 l/s<sup>-1</sup>, una velocidad del flujo de 2,31 m s<sup>-1</sup>, una pérdida de carga por fricción 0,10 m. En la Tabla 14 se puede apreciar los valores:

**Tabla 14.**

*Diseño de las tuberías principal, secundaria y laterales de riego.*

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Área de la unidad de riego	A	m <sup>2</sup>	10 000
Presión del emisor	PN	mca	10
Caudal del emisor	$Q_e$	l h <sup>-1</sup>	1
Pérdida de carga admisible	h máx.	m	3,5
<b>Lateral de riego</b>			
Longitud	L	m	89
Caudal	Ql	l s <sup>-1</sup>	0,12
Pérdida de carga	Hf	m	0,96
Velocidad del agua	V	m s <sup>-1</sup>	0,68

Numero de laterales	Nl	U	216
Separación entre laterales	Sl	m	0,22
Presión máxima admisible	h máx.	m	1
<b>Tubería secundaria de riego</b>			
Longitud	L	m	81
Caudal	Ql	$l\ s^{-1}$	4,07
Pérdida de carga	Hf	m	0,77
Velocidad del agua	V	$m\ s^{-1}$	2,31
Presión máxima admisible	h máx.	m	2
<b>Tubería principal</b>			
Longitud	L	m	124
Caudal	Ql	$l\ s^{-1}$	3,18
Pérdida de carga	Hf	m	0,023
Velocidad del agua	V	$m\ s^{-1}$	1,16

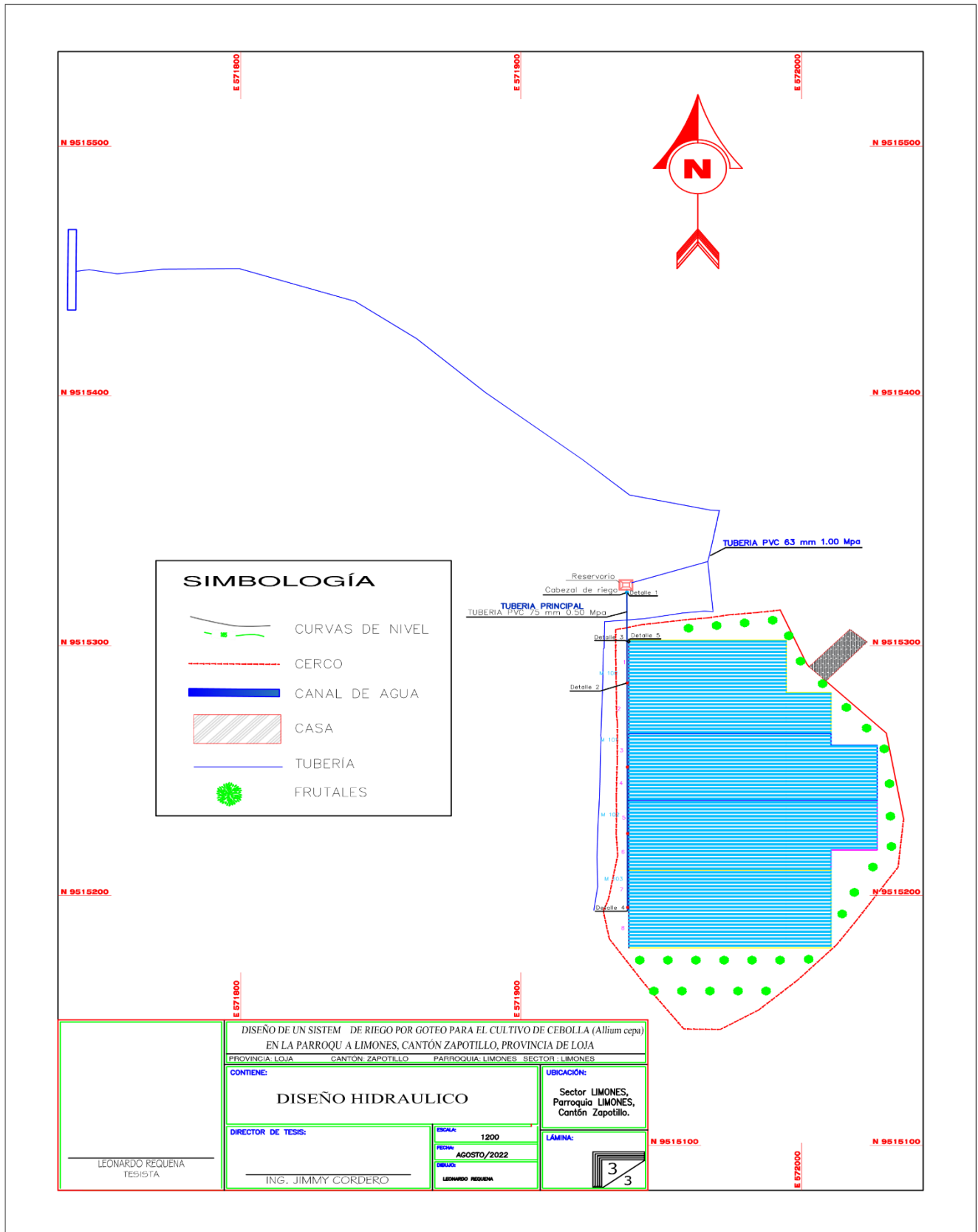
Fuente. Elaborado por el autor.

### Diseño de la tubería principal

El diseño de la tubería principal con material de PVC tiene una longitud de 124 m, un diámetro nominal de 72 mm, presión nominal de 0,50 Mpa, por donde fluye un caudal de 4,07  $l/s^{-1}$ , con pérdidas de carga de 1,70 mca y una velocidad del agua de 1  $m\ s^{-1}$ , que se encuentra dentro del rango exigente de diseño. En la figura 12, 13 Y 14 se puede apreciar el plano del diseño hidráulico con sus respectivos detalles:

**Figura 12.**

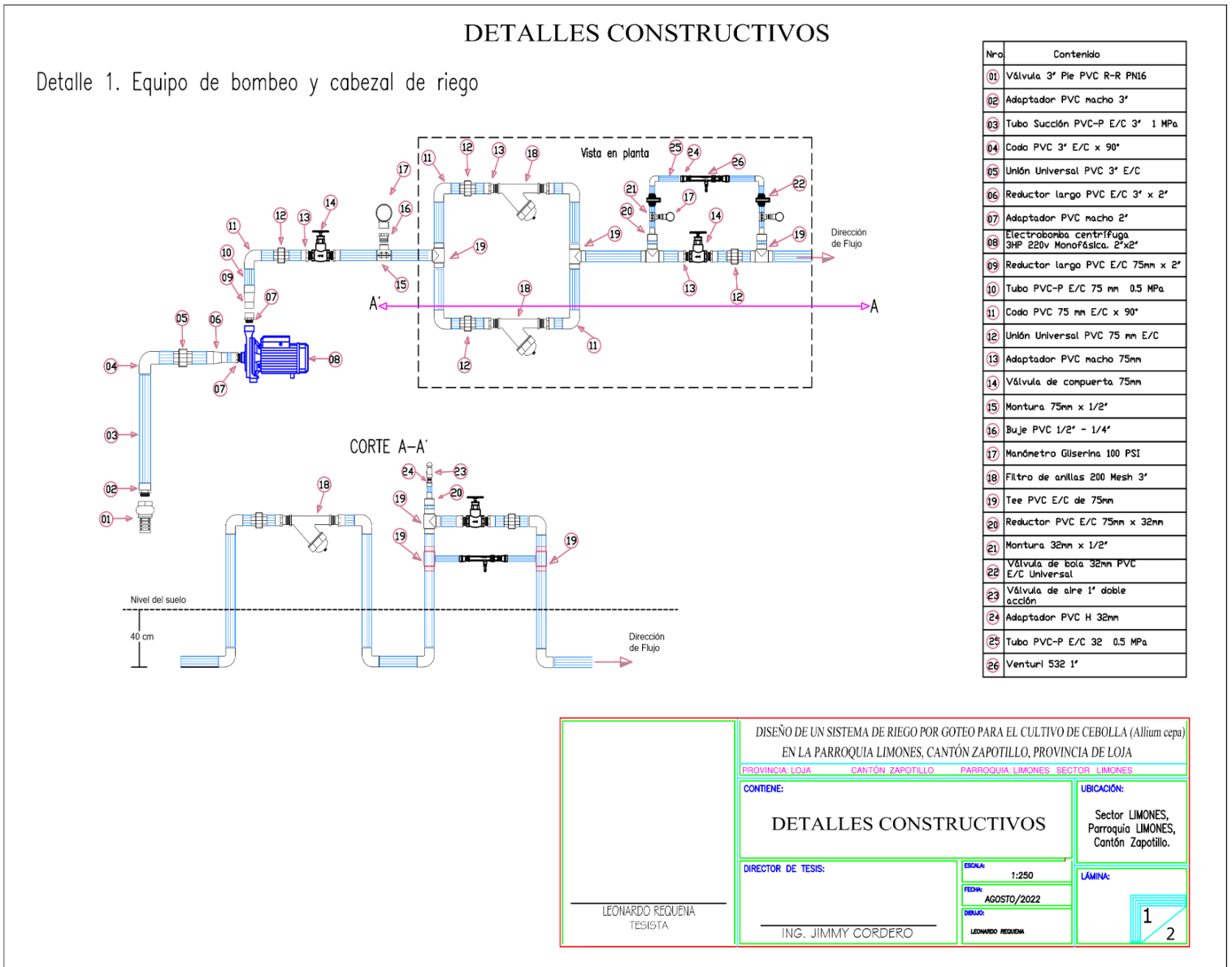
*Diseño hidráulico del sistema de riego.*



Fuente: elaborado por el autor.

**Figura 13.**

*Detalles constructivos del diseño hidráulico.*



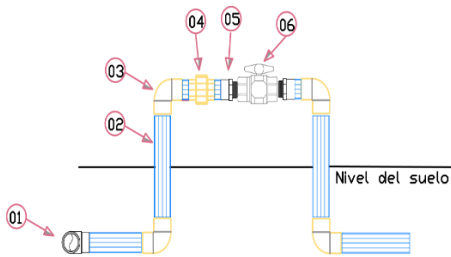
Fuente: elaborado por el autor.

**Figura 14.**

*Detalles constructivos.*

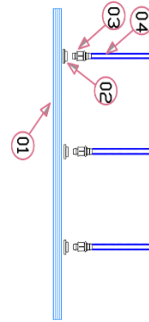
**DETALLES CONSTRUCTIVOS**

DETALLE 2: Cabezal de parcela



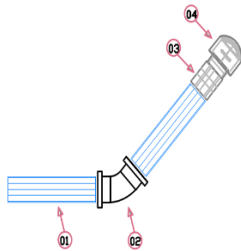
Nro	Contenido
01	Tee PVC 75 mm E/C
02	Tubo PVC-P E/C 75 mm 0,5 MPa -
03	Codo PVC 75 mm E/C x 90°
04	Unión Universal PVC 63 mm E/C
05	Adaptador PVC macho 63mm
06	Válvula de bola PVC-P de 40 mm

DETALLE 3: Salida de manguera de goteo



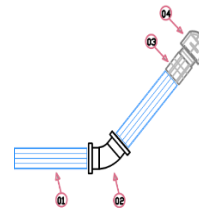
Nro	Contenido
01	Tubo PVC-P E/C 50 mm 0,63 MPa
02	Empaque PE 16mm caucho
03	Conector PP 16mm Inicial Flex
04	Manguera de goteo 16mm

DETALLE 4: Final de conducción principal



01	Tubo PVC-P E/C 75 mm 0,5 MPa
02	Codo PVC de 75mm x 45°
03	Adaptador PVC H de 75mm x 3'
04	Tapón roscable de 75mm

DETALLE 4: Final de conducción Secundaria



01	Tubo PVC-P E/C 50 mm 0,63 MPa
02	Codo PVC de 50mm x 45°
03	Adaptador PVC H de 50mm
04	Tapón roscable de 40mm

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA EL CULTIVO DE CEBOLLA ( <i>Allium cepa</i> ) EN LA PARROQUIA LIMONES, CANTÓN ZAPOTILLO, PROVINCIA DE LOJA PROVINCIA LOJA    CANTÓN ZAPOTILLO    PARROQUIA LIMONES    SECTOR LIMONES			
CONTIENE:		UBICACIÓN:	
DETALLES CONSTRUCTIVOS		Sector LIMONES, Parroquia LIMONES, Cantón Zapotillo.	
DIRECTOR DE TESIS:		ESCALA:	1200
LEONARDO REQUENA TESISTA		FECHA:	AGOSTO/2022
		OBJETO:	LEONARDO REQUENA
ING. JIMMY CORDERO		LÁMINA:	
		2 2	

Fuente: elaborado por el autor.

## Carga dinámica total (CDT)

El sector que presenta la mayor carga dinámica total es el sector 1 con 19,19 m, esto debido a que tiene más área de terreno, en tanto que el sector que presenta la menor carga dinámica es el sector 4 con un valor de 15,23 m (Anexo 15). En la Tabla 15 se muestra los valores de la carga dinámica total que fue obtenida por cada sector.

**Tabla 15.**

*Carga dinámica total por sectores.*

CDT	Po	Hfl	H Sub	H Mat	Accesorios	Filtros	CDT TOTAL
S1	10	0,95	0,92	1,32	3	3	19,19 m
S2	10	0,95	1,13	-1,59	3	3	16,49 m
S3	10	0,95	1,07	-0,9	3	3	17,12 m
S4	10	0,95	0,72	-2,44	3	3	15,23 m
<b>Promedio</b>	-	-	-	-	-	-	17,0 m

**Fuente:** elaborado por el autor.

### 6.6.3. Diseño del reservorio

Se diseña el reservorio para tener una capacidad de almacenamiento de 20 m<sup>3</sup> (Figura 15), con esta asignación se tiene prevista regar por sector, dos sectores por día, el tiempo de llenado de acuerdo a la consigna es de 2 horas con 46 minutos. Dando así que, el talud que debe tener el reservorio es de 0,5, con un borde libre de 0,20 m, el largo del reservorio es de 4,60 m, el ancho es de 3,88 m, el largo del fondo es de 2,90 m y el ancho del fondo es de 2,18 m (Anexo 16). En la Tabla 16, se puede apreciar los valores con respecto al diseño del reservorio:

**Tabla 16.**

*Valores del diseño hidráulico del reservorio.*

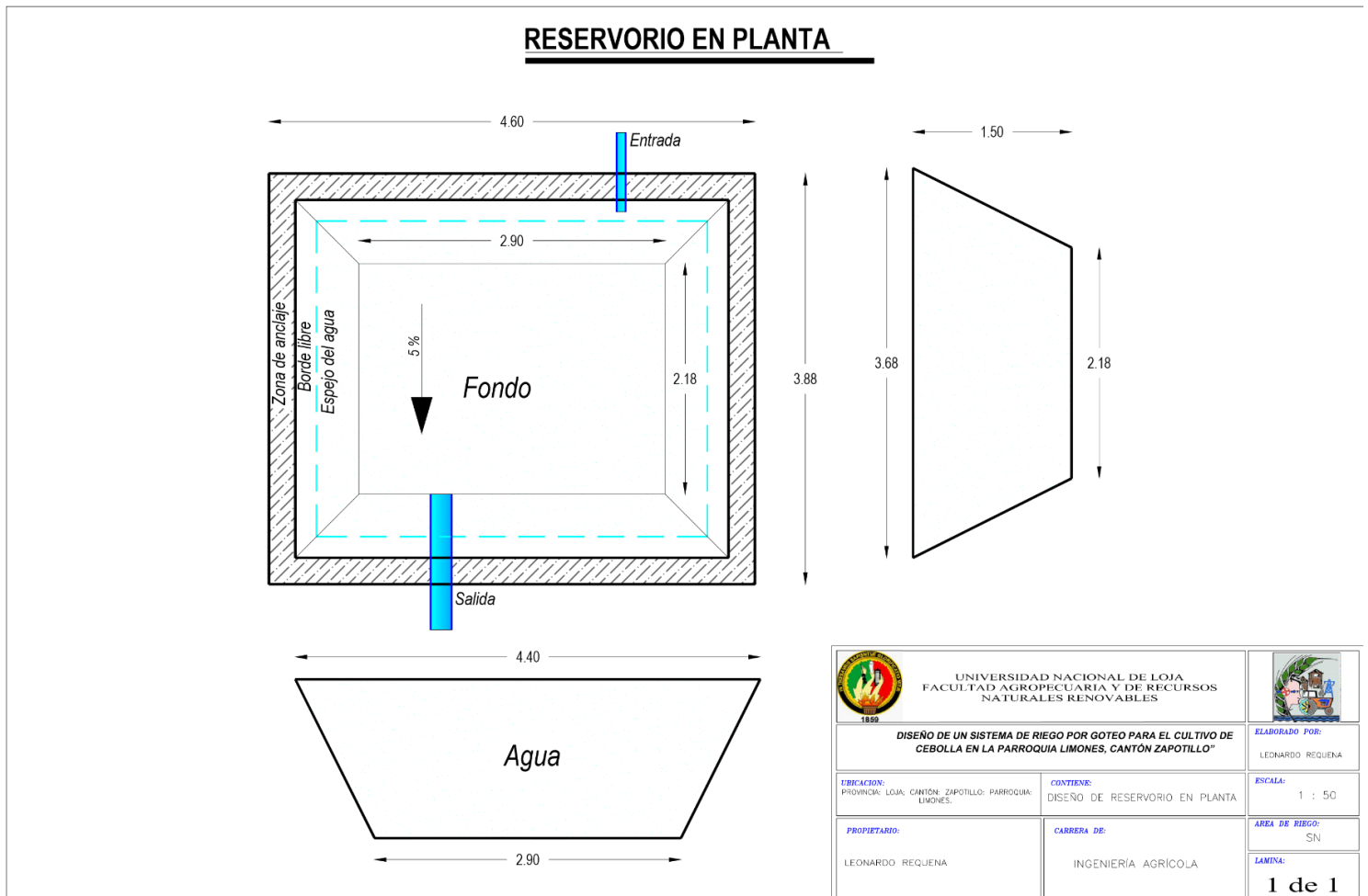
Datos	Valor	Unidad
Talud	0,5	(z)
Altura mayor de agua	1,50	m
Borde libre	0,20	m
Caudal de entrada	2,5	l/s
Ø tubería de descarga	2	pulg
Pendiente transversal al L del fondo	5	%
Ancho del borde de anclaje	0,50	m
Longitud del anclaje subterráneo	0,50	m
<b>Cálculos Hidráulicos</b>		

Volumen neto de diseño	25	$m^3$
Largo del fondo	2,90	m
Ancho del fondo	2,18	m
Área del fondo	6,32	$m^2$
Área del espejo de agua	16,20	$m^2$
Altura menor del agua	1,39	m
Reducc. Volumen por pendiente	0,37	$m^3$
Volumen neto calculado	15,95	$m^3$
Volumen total (con borde libre)	19,35	$m^3$
<b>Área de Geomembrana</b>		
Longitud de Talud	1,90	m
Área de taludes	25,78	$m^2$
Área de anclajes	19,96	$m^2$
Área neta de geomembrana	52,07	$m^2$

**Fuente:** elaborado por el autor.

**Figura 15.**

*Plano del diseño de reservorio.*



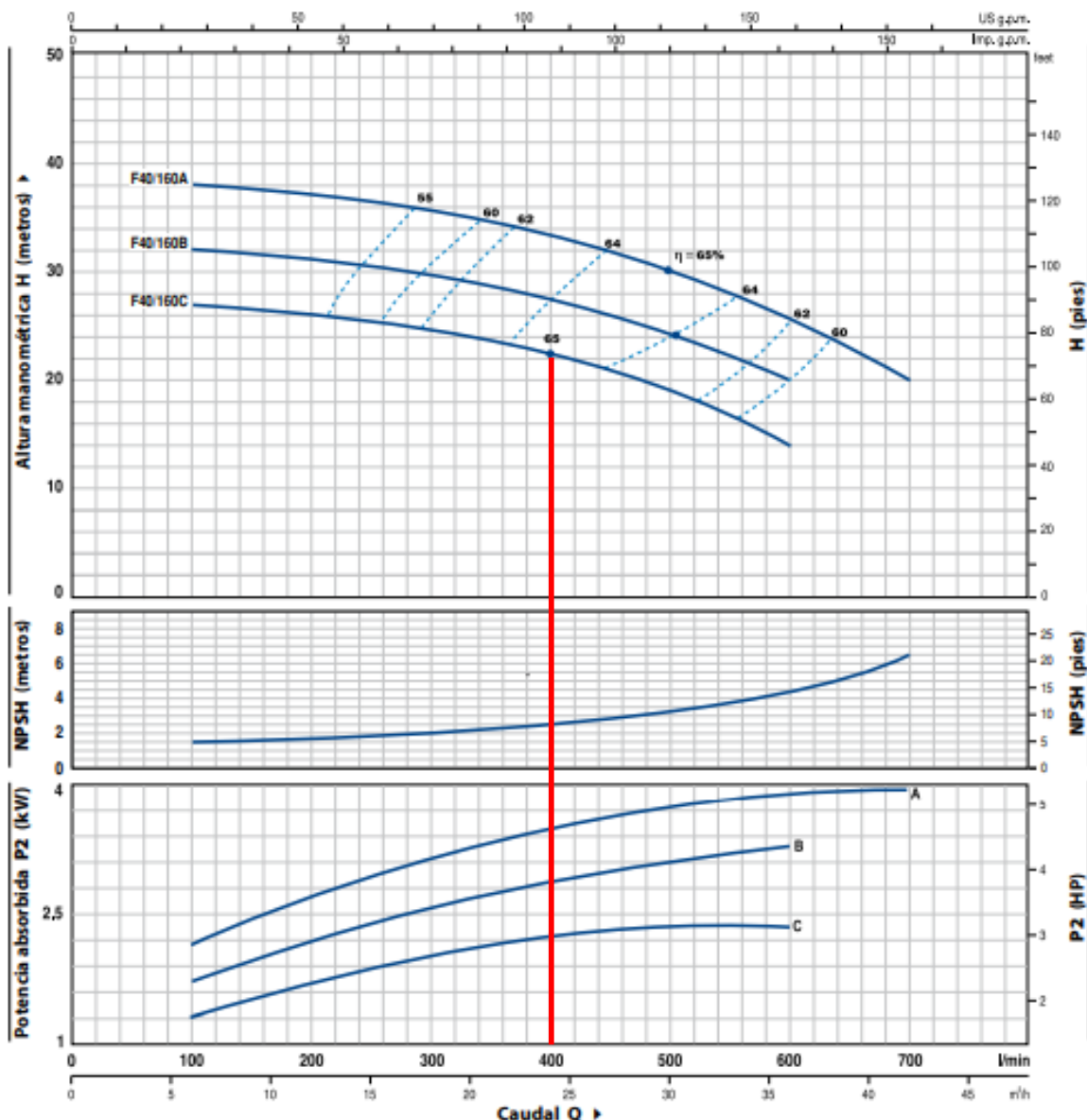


#### 6.6.4. Bomba para riego

La bomba que se requiere para optimizar el riego es una bomba trifásica F40/160 ver (Anexo 17), con una potencia de 3 HP y con caudal de 400 l/s, una altura manométrica de 22 m y una potencia absorbida aproximada > a 2 kW. En la Figura 16 se presenta los requisitos seleccionados para la bomba de riego.

**Figura 16.**

*Requisitos seleccionados para la bomba.*



Fuente: (Pedrollo, 2022).

En la Tabla 17 se presentan las características principales de la bomba:

**Tabla 17.**

*Datos de la bomba para riego.*

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Bomba Trifásica	1	U
Altura manométrica	22,5	m
Potencia	2,2	Kw
	3	HP
Caudal	24	m <sup>3</sup> /h
	400	l/min

Fuente: Elaborado por el autor.

### **6.7. Resultados del tercer objetivo**

**Determinar el costo de inversión para implementar el sistema de riego en el cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*).**

El presupuesto general del diseño de sistema de riego por goteo para el cultivo de cebolla tiene un monto de \$ 5,683 USD  $ha^{-1}$  , mientras que el presupuesto del reservorio es de 293,28 \$. En el (Anexo 19) se puede verificar el precio unitario de cada uno de los materiales a utilizar para el sistema de riego, en conjunto con los materiales del reservorio con su respectivo precio por unidad y total para saber el presupuesto general tanto, del sistema de riego como del reservorio. A continuación, en la Tabla 18 se presenta el costo total del proyecto:

**Tabla 18.***Presupuesto total del proyecto de investigación.*

<b>Presupuesto del sistema de riego y reservorio</b>		
<b>Rubro</b>	<b>Unidades</b>	<b>\$ Costo</b>
Cabezal de control	U	1194,66
Sector 1	m2	892,61
Sector 2	m2	892,37
Sector 3	m2	793,63
Sector 4	m2	796,03
Tubería principal	m	457,66
Accesorios	U	26,04
Varios	U	630
Reservorio	m2	293,28
<b>Costo Total</b>	<b>\$</b>	<b>5,976,28</b>

Fuente: elaborado por el autor.

## 7. Discusiones

### 7.1. Realizar la caracterización de las propiedades físicas y químicas del suelo del área de estudio.

#### 7.1.1. Descripción del perfil del suelo

En la descripción del perfil de suelo, se caracterizó por presentar 3 horizontes los cuales presentan diferentes morfologías y características. El primer horizonte tiene un color castaño amarillento claro, presenta una textura franco arenoso, el suelo es ligeramente plástico y ligeramente adhesivo, con grava y estructura fina, resistencia en seco ligeramente duro y en húmedo friable, sus poros son muy finos y finos, sin reacción al ácido clorhídrico (HCl). Por lo que según Ibáñez (2006) comenta que estos suelos francos arenosos son suelos permeables, que en ellos predominan los microporos, no presentan problemas de aireación y son fáciles de trabajar.

El horizonte Bw se caracteriza por presentar un color castaño amarillento oscuro, su textura es un franco arenoso, es ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; presenta grava media, una estructura fina, su resistencia en húmedo es friable, los poros son muy finos y finos comunes, sin reacción al ácido clorhídrico (HCl), cabe recalcar que este horizonte presentó una pequeña porción de arcilla. Según Baridòn (2019), en su estudio apuntes de edafología, comenta que el horizonte B presenta acumulación por iluviación, formados por debajo de un horizonte A, E u O; esto en suelos que van de francos a arenosos.

Las características del horizonte C tiene un color pardo castaño grisáceo oscuro, es un suelo arenoso, no plástico y no adhesivo; presenta grava fina, grava media y grava gruesa. Al respecto Fadda et al., (2017), comentan que el horizonte C son capas de exclusión de las rocas duras, que están poco afectadas por los procesos pedogenéticos y que no tienen estructura. El material de este horizonte puede ser o no similar al material del cual el solum presumiblemente se ha formado.

#### 7.1.2. Propiedades físicas y químicas del suelo

Las propiedades físicas que presenta el suelo son: textura franco arenoso, con un porcentaje de arena del 68 %, de limo 20% y de arcilla 12 % en el primer horizonte; así mismo el segundo horizonte que presenta porcentajes de: arena del 64 %, de limo 22% y de arcilla 14 %. Según Ciancaglini (2016) el suelo franco arenoso en seco se percibe la arena que predomina, generalmente da un color marrón claro o gris. La estructura es por lo general granular de

consistencia blanda, aunque en suelos vírgenes no trabajados la estructura puede ser laminar con una consistencia ligeramente dura. En tanto que, Jiménez, (2019) afirma que los suelos en el cantón Zapotillo, presentan diferentes texturas tipológicas, en su estudio realizado en Zapotillo en el Centro Recreacional verdes Tamarindos, menciona que la textura que presenta el suelo es un franco arcilloso, un suelo total diferente al de estudio del diseño de riego que es un franco arenoso.

Dentro de las propiedades químicas esta la materia orgánica MO que se considera de contenido medio, porque tiene 3,6 %. Mientras que Valdivieso (2013) en su estudio realizado en Zapotillo, obtiene un porcentaje de materia orgánica de 2,93 %, un porcentaje que se asemeja al del área de estudio. Por otro lado el Portal Ecuador (2021), menciona que existen suelos en el cantón Zapotillo que se hallan constituidos de lutita meteorizada, así como también de arcillas ricas en abonos orgánicos que se producen por el humus de las lombrices, haciéndolos suelos muy fértiles para cultivos de ciclo corto, pastizales y bosques. Esto quiere decir que el cantón Zapotillo posee una variedad de suelos, donde algunos no son aptos para actividades agropecuarias y así mismo, se pueden presentar suelos arcillosos, francos, que son aptos para algunos cultivos representativos de la zona como lo es el cultivo de cebolla y maíz.

La conductividad eléctrica (CE) que presenta el suelo es de 0,59 mS/cm, a lo que corresponde como una CE baja por lo que Gallegos (2022,) manifiesta que la conductividad puede hallarse dentro de ciertos parámetros que van desde menos de 0,8 mS/cm (conductividad baja) hasta 3 mS/cm (conductividad alta); con esto se puede decir que para los cultivos, la conductividad eléctrica del suelo debe ser baja. Mientras que Valdivieso (2013) en su estudio realizado en la parroquia Garza Real del cantón Zapotillo, en su análisis químico obtiene una conductividad eléctrica de 0,6 mS/cm, el cual su valor es similar al del análisis en estudio, esto quiere decir que los suelos del cantón Zapotillo presentan rangos de medios a bajos en conductividad eléctrica.

El pH que presenta el suelo es de 6,6, donde Osorio (2012) lo considera como un suelo sin problemas que van del rango de 6,5 a 7,5, cuando el pH es menor a 5,5 lo considera un suelo ácido, cuando el pH se encuentra entre 7,3 y 8,4, indica concentración de carbonatos de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y cuando el pH es mayor a 8,4 indica concentración elevada de Sodio (Na). Valdivieso (2013) obtiene un valor de pH del suelo de 6,99, encontrándose en el rango de suelos sin problemas, aptos para manejar cultivos.

El nitrógeno que obtiene el suelo de estudio es de 36,7 mg/kg, el fósforo de 23,0 mg/kg, el potasio es de 49,0 mg/kg, el magnesio de 194 mg/kg, el calcio de 432 mg/kg, el hierro tiene 50 mg/kg, el manganeso de 23,0 mg/kg, el cobre de 3,0 mg/kg y de zinc tiene 1,8 mg/kg. Mientras tanto que Valdivieso (2013) obtuvo los siguientes datos de su análisis químico; el nitrógeno de 30,06 ppm, óxido de fósforo de 62,24 ppm, el óxido de potasio de 1,14 meq/100 ml, el calcio de 11,92 meq/100 ml, el magnesio de 3,5 meq/100 ml, el hierro de 33,2 ppm, el cobre de 3,8 ppm, el manganeso de 8,9 ppm y el zinc de 0,61 ppm, cabe recalcar que la clase textural de suelo en este estudio es un arcilloso.

### ***7.1.3. Calidad del agua para riego***

La muestra de agua presentó una conductividad eléctrica (CE) de 0,51 ms/cm, la cual indica que se puede trabajar para el riego agrícola. Según Canovas (2002) comenta que la conductividad eléctrica da la idea del contenido total de sales en el agua. Cuanto más elevada sea la conductividad mayor será el contenido en sales. Aguas de menos de 1,2 ms/cm o 1200  $\mu$ S/cm no suelen presentar ningún problema, por el contrario, aguas con una conductividad por encima de 2,5 ms/cm o 2500  $\mu$ S/cm no son aconsejables para el riego.

El pH del agua es 7,8, el cual es apto para la agricultura. Según Canovas (2002), el pH indica el carácter ácido o básico del agua. El pH tiene un valor comprendido entre 1 y 14. Los valores óptimos en aguas de riego oscilan entre 7 y 8, esto para obtener mejores rendimientos y una mayor productividad. El contenido de sólidos en suspensión del agua de riego se encuentra en 1120 mg l<sup>-1</sup>, el cual sobrepasa al rango ideal para su función. Según Fertilab, (2021), clasifica a los sólidos disueltos totales de leve a moderado en un rango de 450 – 2000, es por esta cuestión que se debe tomar muy en cuenta la selección del filtro.

### ***7.1.4. Curva de retención de humedad del suelo***

Las curvas de retención de humedad del suelo de los dos primeros horizontes presentan características a la de un suelo de textura franco arenosa según García et al., (2004) esto debido a los resultados de las constantes hidrofísicas como: la capacidad de campo (CC) que presentó un valor de 14,42 %; el punto de marchitez permanente con un valor de 7,83 % y un valor de agua aprovechable (AA) de 6,59 % valores correspondientes al primer horizonte; mientras que el segundo horizonte presentó lo siguiente: capacidad de campo (CC) 12,3 %; el punto de marchitez permanente 5,8 % y agua aprovechable (AA) de 6,5 %, estos valores son semejantes a los que presenta Traxco (2009), de acuerdo a su textura, para un suelo Arenoso – Franco, su

capacidad de campo se encuentra del 9 al 14%, su punto de marchitez permanente va de 2 a 6 % y considera una humedad disponible del 10%.

#### **7.1.5. Velocidad de infiltración de agua en el suelo**

La primera prueba de infiltración presentó una infiltración básica de 68,78 mm h<sup>-1</sup>, mientras que la segunda prueba un valor de 71,17 mm h<sup>-1</sup>, que según Merino citado por Mencías (2015), la clasifica a la velocidad de infiltración básica como muy alta; mientras que en función de la textura del suelo se encuentra dentro del rango de un suelo franco arenoso, esto coincide con la clase textural del suelo debido a su permeabilidad y por la manera en que el agua infiltra de manera rápida al suelo. En base a esto se considera la frecuencia de riego y el caudal del emisor.

### **7.2 Diseñar un sistema de riego por goteo acorde a los requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de cebolla (*Allium cepa*), en la parroquia Limones, cantón Zapotillo.**

#### **7.2.1. Diseño Agronómico**

El valor de Kc para el cultivo de cebolla es de 0,7 en la fase inicial, Kc 1,05 para la fase vegetativa y de desarrollo, mientras que para la cosecha ocupa un valor de Kc 0,75, estos datos se obtuvieron de la FAO. En cambio, Salazar (2023) en su trabajo de investigación: determinación del Kc y ETp en etapas fenológicas del cultivo de cebolla, trabaja con un Kc de 0,7 para la fase inicial, vegetativa y desarrollo, y un valor de Kc de 1 para la cosecha, esto se debe a el lugar donde se realiza el estudio, ya que este se realizó en la provincia de Tungurahua, donde el sitio de estudio presenta una mayor altitud y diferentes factores climáticos en comparación a los del cantón Zapotillo que es la parte más baja de la provincia de Loja.

La evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) presenta un valor máximo de 6,74 mm día<sup>-1</sup>, en el mes de octubre y la ET<sub>o</sub> mínima se presenta en el mes de junio con 5,06 mm día<sup>-1</sup>. La evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) con mayor requerimiento hídrico pertenece al mes de octubre 7,08 mm día<sup>-1</sup>, mientras que al de menor requerimiento pertenece al mes de julio con 3,99 mm día<sup>-1</sup>. Mientras que Sánchez (2023), en su estudio realizado en el cantón zapotillo, estimación de los requerimientos hídricos de los cultivos obtiene una ET<sub>o</sub> mayor en el mes de octubre y noviembre de 5,3 mm día<sup>-1</sup> y la más baja en el mes de marzo con 5,0 mm día<sup>-1</sup>, esto con la metodología de CHELSA y Blaney-Criddle.

El requerimiento de agua máxima para el cultivo de cebolla se presenta en el mes de octubre con 6,97 mm, y la menor demanda en el mes de abril con 2,22 mm, esto debido que la evapotranspiración supera a la precipitación efectiva, la mayoría de meses requiere de riego debido al lugar, como se encuentra en la parte baja zona de Zapotillo las precipitaciones se presentan durante solo 4 meses al año de ahí los demás meses no se presenta lluvias, por ello es donde se requiere más agua para los cultivos (GADPL, 2017).

### **Necesidades de agua del cultivo**

Las necesidades netas para el cultivo son de 4,42 mm día<sup>-1</sup> y las necesidades diarias por planta es de 0,064 L planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Mientras que López (2013) en su estudio, estimación del uso del agua en el cultivo de cebolla en el estado de Lara-Venezuela indica que el cultivo de cebolla requiere 3,5 mm diarios, esto se concluye que las condiciones climáticas de cada lugar hacen que varían las necesidades del cultivo. En cambio, Sánchez (2023) en su estudio estimación de los requerimientos hídricos de los cultivos del sistema de riego Zapotillo, obtiene una necesidad del cultivo de cebolla de 1109 mm año<sup>-1</sup>, correspondiente a 3,7 mm día<sup>-1</sup>.

### **Parámetros de riego**

La separación entre emisores es de cada 0,20 m y las laterales de 0,22 m, es cinta de riego por goteo, es la más apropiada para el cultivo de cebolla. El caudal que arroja el emisor de la manguera es de 1 l h<sup>-1</sup>, las necesidades totales de la planta son de 6,44 mm día<sup>-1</sup>, esto quiere decir que un emisor va a mojar cierta cantidad de plantas ya que también tiene que ver la densidad de siembra del cultivo que en este caso es de 0,10 por 0,10 m entre hileras y planta, la cama tiene un 1 m de ancho se trabajaría con 9 hileras en total por cada cama. Como el método de riego es de alta frecuencia, el aporte de agua para satisfacer las demandas hídricas del cultivo de cebolla debe de ser cada 2 días, se regará por sector en un tiempo de 42 minutos, en un día dos sectores y al día siguiente los otros dos sectores. El período de riego es corto y esto se explicaría por ciertos motivos como: debido a la textura que presentó el terreno que es una textura franco-arenosa, las temperaturas de 26 °C a 34 °C que se encuentra en la parroquia Limones. Coincidiendo con Zamora (2016), quien menciona que las condiciones del suelo y clima son las que determinan el número de riegos requeridos para la producción del cultivo.

#### **7.2.2. Diseño Hidráulico**

Para las laterales se trabajó con cinta de goteo como es un cultivo pequeño no es recomendable trabajar con goteros pinchados, porque aquí también influye la superficie y en



este caso como es 1 ha se hace complicado para poder trabajar con estos goteros. Las pérdidas por fricción de las tuberías lateral, secundaria y principal se determinaron en función del caudal, diámetro interno de las tuberías y el coeficiente de fricción, aquel que para tubería de PVC es 150 mm y PE de 140 mm.

Para el diseño hidráulico se trabajó con base a la tubería más crítica la cual tiene una longitud de 89 m para la lateral, la secundaria tiene una longitud de 81 m y la tubería principal tiene 124 m. El material para las laterales es de polietileno, mientras que en la secundaria y principal con tubería de PVC. Ya que según López (2013) recomienda trabajar con material de PVC en la tubería principal y secundaria, porque es un material resistente, ya que puede durar varios años en comparación de tuberías de otro material, también presentan una mejor resistencia a elevadas presiones, etc. Para las laterales se trabaja con manguera de polietileno debido a que es más manejable para el riego.

Las pérdidas de presión admisible para las laterales son de 0,96 m, para la tubería secundaria 0,77 m y la tubería principal de 1,30 m. Según Solorio (2022) manifiesta que la pérdida de presión es el resultado de las fuerzas de fricción ejercidas sobre un fluido dentro de un sistema de tuberías, resistiendo su flujo. Es por ello que, si la presión es demasiado grande o insuficiente, pueden surgir problemas operacionales que generan gastos prevenibles. Aquí se puede testificar que las pérdidas de presión admisible cumplen la condición para el diseño del sistema.

Los valores de velocidades del fluido en el diseño fueron los siguientes: en la tubería principal  $1,70 \text{ m s}^{-1}$ , en la tubería secundaria de  $2,31 \text{ m s}^{-1}$  y en la lateral de  $0,68 \text{ m s}^{-1}$ , estos valores coinciden con los sugeridos por Monge, citado por Moreno (2023) quien comenta que en tuberías principales y secundarias la velocidad del flujo de ir de  $0,5$  a  $2,5 \text{ m s}^{-1}$ , mientras que para las laterales en un rango de  $0,5$  a  $2,0 \text{ m s}^{-1}$ . Según el INEH, citado por Picoita, (2021) las velocidades superiores a los  $2,5 \text{ m/s}$  dan lugar a problemas de arrastre, ruidos y fenómenos abrasivos en las paredes interiores que afectarían a la durabilidad de la tubería; en tanto que, velocidades inferiores a  $0,5 \text{ m/s}$  pueden ocasionar problemas de sedimentación de partículas y residuos debida a la escasa movilidad del movimiento del agua.

### ***7.2.3. Diseño del reservorio***

El reservorio se diseñó con base al caudal que presento el aforo en el sitio de estudio con  $2,42 \text{ l s}^{-1}$ , las medidas que presenta son:  $4,60 \text{ m}$  de largo por  $3,88 \text{ m}$  de ancho en la parte

superior, mientras que en el fondo presenta las siguientes mediciones; 2,90 m de largo por 2,18 m de ancho, con un talud de 0,5 y una altura de agua de 1,50 m. Según Cruz (2018), manifiesta que para el diseño de un reservorio es importante determinar la geometría, caudal de diseño, capacidad, dimensionamiento, tipo y ubicación, para luego iniciar el diseño estructural de dicho reservorio. Mientras que Yazòn (2018) en su trabajo de prácticas, indica que es importante realizar un análisis adecuado del talud, teniendo en cuenta todos los parámetros del suelo, pendiente talud y el correspondiente coeficiente sísmico; ya que, si no se analiza correctamente puede derrumbarse el suelo y dejar paso libre al agua del reservorio inundando las zonas cercanas, pudiendo producir pérdidas económicas.

#### **7.2.4. Bomba para riego**

La bomba escogida para suministrar el riego es una bomba modelo trifásica F40/160C, con una potencia de 3 HP y un caudal de 400 l min<sup>-1</sup>. Según la Comisión Nacional de Riego, (2001) en su libro componentes de riego presurizado, afirma que la elección de la bomba, se debe realizar luego de saber los requerimientos de presión y caudal que tiene el sistema de riego, lo que se logra luego de realizar el diseño del mismo. El no tener en cuenta los factores anteriormente mencionados, en general, se traduce en graves fallas que afectarán el funcionamiento del sistema. Por lo tanto, la selección de la bomba debe ser efectuada por una persona capacitada.

El principal funcionamiento de la bomba es aportar el agua del reservorio al cultivo de cebolla con una eficiencia del 95 %, ya que el diseño se encuentra subdividido por 4 sectores para que haya homogeneidad en demanda de caudal y presión de trabajo, lo cual permite que la bomba seleccionada trabaje de manera eficiente durante el proceso de riego.

### **7.3. Determinar el costo de inversión para implementar el sistema de riego en el cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*).**

#### **7.3.1. Costos del sistema de riego por goteo**

El presupuesto general del diseño de sistema de riego por goteo para el cultivo de cebolla esta valorizado en un monto de 5 683 \$ para 1 ha de terreno, donde abarca todos los materiales, accesorios y mano de obra a ejecutar. En comparación con el estudio realizado por Moreno (2023), en su proyecto denominado diseño de sistema de riego por goteo obtiene un monto de 2 969,41 \$ en 0,5 ha en el sector del cantón Espíndola. Mientras tanto que Picoita

(2021) en su tesis de diseño de riego por goteo en el sector del centro binacional Zapotepamba calcula un monto de 1 235,34 \$ para su sistema de riego en 0,5 ha.

El presupuesto total obtenido en el diseño de sistema de riego por goteo para el cultivo de cebolla es un poco superior al de los estudios en comparación debido a algunos factores como lo son: el área del terreno, el precio \$ de la bomba, por los 4 sectores que requieren de bastante línea de goteo, etc. La constructora Vipacas es una empresa del sector de riego que se encuentra ubicada en la ciudad de Loja considera que el presupuesto total para un sistema de riego por goteo para el cultivo de cebolla se encontraría en el aproximado de los \$ 4 500 USD, presupuesto que se relaciona con el de estudio.

## 8. Conclusiones

- El suelo presenta una textura franco arenosa, con unas propiedades hidrofísicas que lo califican como un suelo muy pobre en la retención de agua, sin embargo, cabe recalcar que el cultivo es de bulbo subterráneo requiere de suelo sueltos para poder desarrollarse ampliamente y presenta una mejor aireación debido a los poros que contiene; es por aquello que la frecuencia de riego está determinada para regar cada 2 días con un caudal de 1 l/h para evitar percolación profunda.
- El agua de riego presenta parámetros aceptables para su respectiva función, tanto como para el manejo del sistema de riego como el contenido de sus propiedades que están dentro de los rangos indicados para el desarrollo del cultivo, sin causar daños al suelo.
- El diseño de sistema de riego permitirá dotar de agua al cultivo de cebolla en los meses de más demanda hídrica (octubre y noviembre), con una frecuencia de riego de 2 días y un tiempo de riego de 42 minutos por cada sector.
- Para tener un caudal disponible durante las 24 horas, se consideró el diseño de un reservorio para poder almacenar el agua necesaria que permita regar el cultivo hasta sus condiciones óptimas, considerando el caudal de entrada con el que cuenta el sistema de riego en la finca. Se realizó con el motivo de no presentar escasez de agua en los meses de estiaje; ya que en ciertos periodos se ha visto la deficiencia de agua y esto presenta un problema para el agricultor.
- Se seleccionó una bomba que se acople a los requerimientos del diseño de riego para su respectivo desempeño, tomando en consideración la carga dinámica total para poder seleccionar la bomba.
- El monto del presupuesto total del sistema de riego por goteo es de 5 683 \$, presupuesto que se encuentra accesible para su respectiva implementación y ejecución acatando todos los parámetros del diseño.

## 9. Recomendaciones

- Tomando en cuenta que en la evaluación de las condiciones físicas del suelo se clasificó como un suelo pobre, se requiere mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, mediante abonos que ayuden a mejorar a cada una de las características presentes en el suelo.
- Para tener una mejor duración de las tuberías se recomienda enterrar las mismas, a una profundidad de unos 0,60 m para evitar daños por el pisoteo del ganado, maquinaria agrícola y agentes atmosféricos que se presentan en el sitio de estudio.
- Efectuar mantenimientos a las mangueras de riego ya que estas son propensas a obstruirse en el momento del riego o dañarse por el mal uso de las herramientas en las labores de la superficie.
- Realizar investigaciones en láminas y frecuencias de riego en diferentes cultivos que se producen en la zona.
- Es necesario hacer un reservorio en las parcelas para poder almacenar agua y poder regar cuando el cultivo lo necesite, de esta manera las plantas no sufrirían de estrés hídrico en el tiempo de estiaje.
- Se recomienda que esta investigación se complemente con la instalación y evaluación de operación y eficiencia del sistema de riego.

## 10. Bibliografía

- AEFA, A. E. de F. de A. (2021). *Macronutrientes para el crecimiento de las plantas*.  
<https://aeфа-agronutrientes.org/macronutrientes>
- Agropinos. (2012). *Ventajas de las cintas para riego*.  
<https://www.agropinos.com/blog/ventajas-cintas-para-riego>
- Aguirre, A. (2009). *El manejo de la conductividad eléctrica en fertirriego*.  
<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/344/1/Alberto%20Aguirre%20Hernandez.pdf>
- Álvarez, O. (2020). *Artículo Original Potencial agroclimático para la utilización del riego en la parroquia Chuquiribamba, Loja, Ecuador* *Agroclimate potential for the use of irrigation in Chuquiribamba parish, Loja, Ecuador*.  
[https://www.researchgate.net/publication/341685256\\_Articulo\\_Original\\_Potencial\\_agroclimatico\\_para\\_la\\_utilizacion\\_del\\_riego\\_en\\_la\\_parroquia\\_Chquiribamba\\_Loja\\_Ecuador\\_Agroclimate\\_potential\\_for\\_the\\_use\\_of\\_irrigation\\_in\\_Chquiribamba\\_parish\\_Loja\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/341685256_Articulo_Original_Potencial_agroclimatico_para_la_utilizacion_del_riego_en_la_parroquia_Chquiribamba_Loja_Ecuador_Agroclimate_potential_for_the_use_of_irrigation_in_Chquiribamba_parish_Loja_Ecuador)
- Álvaro, G. (2019). *¿Por qué es importante conocer la textura de un suelo agrícola?*  
<https://www.fertibox.net/single-post/textura-del-suelo>
- Ayora, D. (2016). *La pluriactividad como proceso de descampenización juvenil en las unidades domésticas campesinas: Caso parroquia el valle (2000—2015)*.  
<https://repositorio.iaen.edu.ec/bitstream/handle/24000/5064/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Baridòn, E. (2019). *Apunte de edafología*.  
[https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42968/mod\\_resource/content/1/TEMA%202%20MORFOLOG%C3%8DA%2026-03-19.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42968/mod_resource/content/1/TEMA%202%20MORFOLOG%C3%8DA%2026-03-19.pdf)
- Barría, H., & Martínez, I. (2021). *La tensión del agua en el suelo y su importancia para el riego*.  
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/67528/Informativo%20INIA%20N%C2%B0%20270?sequence=1&isAllowed=y>
- Berbegall, F. (2017). *Determinación y evaluación de las propiedades hidráulicas del suelo y su aplicación al estudio del balance de agua en cultivos de regadío* [Universitat Politècnica de Valencia].  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/89742/Berbegall%20-%20Determinaci%C3%B3n%20y%20evaluaci%C3%B3n%20de%20las%20propieda>

des%20hidr%C3%A1ulicas%20del%20suelo%20y%20su%20aplicaci%C3%B3n%20a....pdf?sequence=1

Bustamante, H. (1986). *Potencial del agua en el suelo.*

file:///C:/Users/Marco/Downloads/ycadavidm,+3-+Potencial+del+agua+del+suelo.pdf

Calderón, C., Bautista, G., & Rojas, S. (2018). *Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta.* <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v22n2/0121-3709-rori-22-02-00141.pdf>

Calvache, M. (2012). *Riego Andino Tecnificado.* [https://www.researchgate.net/profile/Angel-](https://www.researchgate.net/profile/Angel-Calvache-)

Ulloa/publication/337484474\_RIEGO\_ANDINO\_TECNIFICADO\_PARA\_FERTIRRIEGO/links/5ddb307d92851c1fedaf59e9/RIEGO-ANDINO-TECNIFICADO-PARA-FERTIRRIEGO.pdf

Cando, D. (2022). *Diseño del reservorio y el sistema de líneas de distribución, para el riego parcelario en la comunidad unión y trabajo perteneciente a la parroquia Mulalillo del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi.* [Universidad Técnica de Ambato].

file:///C:/Users/Marco/Documents/TESIS%20RESERVORIO%20CANDO%20Pilatasig%20Douglas%20Arturo.pdf

Canovas, J. (2002). *Criterios de interpretación de la calidad agronómica de las aguas de riego.*

[https://www.gipuzkoa.eus/documents/2227195/2228975/recomencriteriosdeinterpretacionaguas.pdf/c52b6626-2092-ca14-e596-](https://www.gipuzkoa.eus/documents/2227195/2228975/recomencriteriosdeinterpretacionaguas.pdf/c52b6626-2092-ca14-e596-f189dd8eef9b#:~:text=Aguas%20de%20menos%20de%201,son%20aconsejables%20para%20el%20riego.)

[f189dd8eef9b#:~:text=Aguas%20de%20menos%20de%201,son%20aconsejables%20para%20el%20riego.](https://www.gipuzkoa.eus/documents/2227195/2228975/recomencriteriosdeinterpretacionaguas.pdf/c52b6626-2092-ca14-e596-f189dd8eef9b#:~:text=Aguas%20de%20menos%20de%201,son%20aconsejables%20para%20el%20riego.)

Carlos, N., Erika, P., Rosero, S., & Quispe, B. (2018). *Estudio del aprovechamiento de agua de riego disponible por unidad de producción agropecuaria, con base en el requerimiento hídrico de cultivos y el área regada, en dos localidades de la Sierra ecuatoriana.*

<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/1427/3555# Citations>

Chimborazo, D. (2015). *Evaluación del rendimiento de cebolla de bulbo (Allium cepa L.) Vra red nice a partir de plántulas obtenidas mediante la poda de sus hojas.*

[https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/19241/1/Tesis-](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/19241/1/Tesis-111%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20361.pdf)

[111%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20361.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/19241/1/Tesis-111%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20361.pdf)

- Ciancaglini, N. (2016). *Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico*. [http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20\(R-001\)-%20Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf](http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20(R-001)-%20Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf)
- Cisneros, E., Rey, R., Martínez, R., López, T., & Gonzáles, F. (2015). *Evapotranspiración y coeficientes de cultivo para el café en la provincia de Pinar del Río*. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v24n2/rcta04215.pdf>
- Comisión Nacional de Riego. (2001). *Componentes de riego presurizado*. [https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/9846/CNR-0243\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/9846/CNR-0243_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Contreras, J. (2015). *Análisis comparativo de cuatro modelos de evapotranspiración de referencia en la microcuenca del río quinuas*. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21725/1/tesis.pdf>
- Corrales, M., Rada, F., & Ramón, J. (2016). *Efecto del nitrógeno en los parámetros fotosintéticos y de producción del cultivo de la gerbera (Gerbera jamesonii H. Bolus ex Hook. F.)*. <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v65n3/v65n3a07.pdf>
- Cruz, C. (2018). *Diseño de un reservorio apoyado de concreto armado mediante los métodos de elementos finitos y Portland Cement Association, provincia de Huaral*. [Universidad Cesar Vallejo]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/45858/Cruz\\_RC-SD.pdf?sequence=8](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/45858/Cruz_RC-SD.pdf?sequence=8)
- Delgado, G. (2012). *Determinación de la lámina de riego para el cultivo de la albahaca genovesa (Ocimum basilicum ``genovese``) a partir de la variación del coeficiente multiplicador de la evapotranspiración*. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/9017/CB-0478859.pdf?jsessionid=C0EF4C0A6851AE0C71B0B967CD1E941D?sequence=1>
- Duran, E. (2017). *Profundidad efectiva del suelo*. <https://es.scribd.com/document/362872176/Profundidad-Efectiva-Del-Suelo>
- Edemin, P. (2014). *Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego*. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_aportes\\_para\\_el\\_mejoramiento\\_del\\_manejo\\_de\\_los\\_sistemas\\_de\\_riego.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_manejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf)
- Enciso, C., Vera, P., Santacruz, A., & Gonzáles, J. (2019). *Guía Técnica: Cultivo de cebolla*. [https://www.jica.go.jp/Resource/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt\\_02.pdf](https://www.jica.go.jp/Resource/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_02.pdf)



- Escobar, C., & Karina, F. (2018). *Diseño de un sistema de riego para la implementación de cultivos automatizados en el recinto playa seca del cantón el triunfo*.  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/36909/1/Tesis%20Sistema%20de%20rieg%20Automatizado-%20Escobar-Farfan.pdf>
- Fadda, G., Ullivari, J., & Corbella, R. (2017). *Morfología del suelo*.  
[https://moodle4vz.unsl.edu.ar/moodle/pluginfile.php/102315/mod\\_resource/content/0/Morfologia%20del%20suelo\\_%20Fadda-2017.pdf](https://moodle4vz.unsl.edu.ar/moodle/pluginfile.php/102315/mod_resource/content/0/Morfologia%20del%20suelo_%20Fadda-2017.pdf)
- FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- FAO, O. de las N. U. para la A. y la Agricultura. (2002). *El agua y la agricultura*.  
<https://www.fao.org/WorldFoodSummit/sideevents/papers/Y6899S.htm>
- Ferreya, R., & Peralta, J. (2019). *Riego en el cultivo de cebolla*.  
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/27015/NR15336.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fertilab. (2020). *Calidad del agua de riego*.  
<https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/CALIDAD%20DEL%20AGUA%20DE%20RIEGO.pdf>
- Fertilab. (2021). *Significado de los sólidos disueltos totales en agua (TDS)*.  
<https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/CALIDAD%20DEL%20AGUA%20DE%20RIEGO.pdf>
- Fornaris, G. (2012). *Conjunto Tecnológico para la Producción de Cebolla*.  
<https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/2.-CEBOLLA-CARACTERISTICAS-DE-LA-PLANTA-G.-Fornaris-v2012.pdf>
- GADPL. (2017). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/1160028920001\\_DIAGNOSTICO%20LIMONES%202015\\_30-10-2015\\_09-50-32.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1160028920001_DIAGNOSTICO%20LIMONES%202015_30-10-2015_09-50-32.pdf)
- Gallegos. (2022). *Que es la conductividad eléctrica y cuál es su importancia para los cultivos*. <https://rotoplas.com.ar/agroindustria/que-es-la-conductividad-electrica/#:~:text=La%20conductividad%20puede%20hallarse%20dentro,el%C3%A9ctrica%20del%20suelo%20sea%20baja>
- García Centeno, L. J. (2017). *Metodologías de campo para determinar profundidad, densidad aparente, materia orgánica, infiltración del agua, textura y pH en el suelo*.  
<https://cenida.una.edu.ni/documentos/NP33G216m.pdf>
- García, P. (2016). *Conceptos básicos para el diseño y el manejo de riego*.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11843/1/Garcia-M.-2012.pdf>

- García, Rucks, & Kaplan. (2004). *Propiedades físicas del suelo*.  
<https://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- García, Y. (2015). *Calidad del agua con fines de riego*.  
<file:///C:/Users/Marco/Downloads/Dialnet-CalidadDelAguaConFinesDeRiego-5362999.pdf>
- Gijón. (1994). *Sistemas de bombeo*. [https://agasca.net/wp-content/uploads/2018/08/PDF\\_SistemasdeBombeo2.pdf](https://agasca.net/wp-content/uploads/2018/08/PDF_SistemasdeBombeo2.pdf)
- Gil, J., Khan, L., & Hernández, R. (2002). *Evaluación del comportamiento hidráulico de varios emisores importados para riego por goteo*.  
<file:///C:/Users/Marco/Downloads/Dialnet-EvaluacionDelComportamientoHidraulicoDeVariosEmiso-2221429.pdf>
- Golato, M. (2004). *Válvulas de control*.  
[https://catedras.facet.unt.edu.ar/sistemasdecontrol/wp-content/uploads/sites/101/2016/05/8\\_V%C3%A1lvulas-de-control\\_2016.pdf](https://catedras.facet.unt.edu.ar/sistemasdecontrol/wp-content/uploads/sites/101/2016/05/8_V%C3%A1lvulas-de-control_2016.pdf)
- Graff, P. (2018). *Potencial Hídrico*.  
<https://www.agro.uba.ar/users/batista/EE/papers/potencial%20hidrico.pdf>
- Grupo Hidráulica. (2022). *Válvulas de riego: Qué son, tipos y para qué sirve cada una*.  
<https://grupohidraulica.com/noticias/2022/04/20/valvulas-de-riego-que-son-tipos-para-que-sirve-cada-una/>
- Guerra, M. A. (2009). *Manual de Diseño de Sistemas de Riego a Gravedad y por Aspersión*.  
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1003/1/91229.pdf>
- Gulatti, N. D. (2016). “*En muchos países el riego es un arte antiguo, tanto como la civilización, pero para la humanidad es una ciencia, la de sobrevivir*”.  
<http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/HABLEMOS-DE-RIEGO-LOW.pdf>
- Habit, F. (2020). *La gran importancia del fósforo en las plantas*.  
<https://www.agrovitra.com/wp/wp-content/uploads/2020/10/F%C3%B3sforo-Fernanda-Habit.pdf>
- Hernández, Y. (2016). *Caracterización de la precipitación efectiva y la evapotranspiración de referencia en la provincia Villa Clara, Cuba*.  
<https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/6394/TESIS%20YAINEL%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Herrera, Y., & Ruiz, E. (2012). *Determinación de los coeficientes de cultivo kc y rendimiento ky en pipián (cucúrbita Argyrosperma Huber) en la Hacienda las Mercedes.*  
<https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01h565.pdf>
- Ibáñez, J. (2006). *El agua en el suelo 4: Textura del suelo y Propiedades Hídricas.*  
<https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/07/05/33887>
- Iglesias, P., Fuertes, V., García, F., & Martínez, J. (2016). *Caracterización de válvulas de admisión y expulsión de aire comerciales.*  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222016000100057](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000100057)
- IICA. (2017). *El agua para la agricultura de las Américas.*
- INIA. (2010). *Sistemas de riego por goteo.* [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/06/EFICIENCIA\\_EN\\_SISTEMAS\\_DE\\_RIEGO.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/06/EFICIENCIA_EN_SISTEMAS_DE_RIEGO.pdf)
- Intriago, A. B., & Sacón, J. L. (2012). *Diseño e implementación de un sistema de riego por goteo para pimiento (capsicum annum l.) en el área convencional.*  
<http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/20>
- Intriago, A., & Sacón, J. (2012). *Diseño e implementación de un sistema de riego por goteo para pimiento (Capsicum annum L) en el área convencional, espam -mfl.*  
[file:///C:/Users/Marco/Downloads/TESIS%20EN%20RIEGO%20GOTEO%20\(PICOITA\)%20ELVIS/Riego%20por%20goteo%20para%20pimiento.pdf](file:///C:/Users/Marco/Downloads/TESIS%20EN%20RIEGO%20GOTEO%20(PICOITA)%20ELVIS/Riego%20por%20goteo%20para%20pimiento.pdf)
- Jaramillo, G. (2018). *Manual de instalaciones hidráulicas.*  
<https://bdigital.uniquindio.edu.co/bitstream/handle/001/4588/Manual%20de%20Redes%20Hidraulicas.pdf?sequence=1>
- Jiménez, J. (2019). *Aplicación de estrategias bioclimáticas para el diseño urbano arquitectónico del centro recreacional verdes tamarindos de la parroquia Zapotillo, cantón Zapotillo.* [Universidad Internacional del Ecuador].  
<file:///C:/Users/Marco/Downloads/T-UIDE-0791.pdf>
- Jiménez, S. (2017a). *Diseño Agronómico e Hidráulico de Sistemas de Riego Presurizado.*  
<https://www.hidraulicafacil.com/2017/05/disenio-hidraulico-de-sistemas-de-riego.html>
- Jiménez, S. (2017). *Diseño Agronómico e hidráulico de sistemas de riego presurizado.*  
<https://www.hidraulicafacil.com/2017/05/disenio-hidraulico-de-sistemas-de-riego.html#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20hidr%C3%A1ulico%20tiene%20como,bajo%20un%20criterio%20de%20optimizaci%C3%B3n.>
- Jiménez, S. (2017b). *Sistema de riego presurizado: Línea regante o lateral.*  
<https://www.hidraulicafacil.com/2017/07/cuales-son-las-regantes-o-laterales-de.html>

- Jnenburg, A. (2006). *Agricultura orgánica: El suelo, sus componentes físicos*.  
[http://www.ciaorganico.net/documypublic/498\\_script-tmp-inta\\_material\\_didactico\\_nro\\_01\\_\(1\).pdf](http://www.ciaorganico.net/documypublic/498_script-tmp-inta_material_didactico_nro_01_(1).pdf)
- Juca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2006). *La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura*.  
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v24n1/art09.pdf>
- Larrea, D., & Sosa, B. (2014). *El riego, planificación y tecnificación*.  
<https://www.camaren.org/documents/archivo2.pdf>
- Legarda, L., Puentes, G., & Benavides, H. (2012). *Importancia de los parámetros hidrofísicas del suelo y requerimientos hídricos del cultivo en el diseño de un proyecto de riego por aspersión liviana*. file:///C:/Users/Marco/Downloads/Dialnet-ImportanciaDeLosParametrosHidrofisicosDelSueloYReq-6191459%20(1).pdf
- Lidia, P., Martin, L., & Terazawa, L. (2017). *Riego por goteo en nogal*.  
file:///C:/Users/Marco/Downloads/lfontes,+10+Riego+en+nogales.pdf
- Liotta, M. (2015). *Riego por goteo*.  
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_manual\\_riego\\_por\\_goteo.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf)
- Loaiza, M. (2021). *Uniformidad de riego*. <https://www.linkedin.com/pulse/hablemos-de-uniformidad-riego-miguel-loaiza/?originalSubdomain=es>
- López, D. (2013). *Análisis térmico en el cabezal de la máquina de extrusión de PVC Rígido y su efecto en las propiedades mecánicas de probetas normalizada de tubería de desagüe 110mm según norma NTE en la empresa Tumilsa S.A.*  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5991/1/Tesis%20I.%20M.%20174%20-%20L%C3%B3pez%20Paucar%20Diego%20Fabi%C3%A1n.pdf>
- López, M., Masaguer, A., Paredes, C., Roca, L., Ros, M., Salas, M. del C., & Boluda, R. (2015). *Residuos orgánicos y agricultura intensiva* (Mundi-Prensa).  
[https://www.google.com.ec/books/edition/Residuos\\_org%C3%A1nicos\\_y\\_agricultura\\_intens/dNysBwAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=que+es+la+capacidad+de+aireaci%C3%B2n&pg=PA98&printsec=frontcover](https://www.google.com.ec/books/edition/Residuos_org%C3%A1nicos_y_agricultura_intens/dNysBwAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=que+es+la+capacidad+de+aireaci%C3%B2n&pg=PA98&printsec=frontcover)
- López, R. (2016). *Manejo del agua de riego en el cultivo de papa*.  
[https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Triangulo-textural-de-los-suelos-Adaptado-de-Lopez-Olivari-2016\\_fig1\\_341256091](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Triangulo-textural-de-los-suelos-Adaptado-de-Lopez-Olivari-2016_fig1_341256091)
- Mamani, C. (2018). *Evaluación del riego tradicional por superficie a través del programa winsrfr en cultivos de haba (vicia faba) y arveja (pisium sativum) en el municipio de*

- palca*. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/17153/T-2523.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Maquera, L. (2014). *Evaluación económica del sistema de riego tecnificado en el cultivo de alfalfa (Medicago sativa L.) en vilcallami—Juli*.  
[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10980/Maquera\\_Mollinedo\\_Luis\\_Alberto.pdf?sequence=1](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10980/Maquera_Mollinedo_Luis_Alberto.pdf?sequence=1)
- Marcos Vieira. (2002). *Protección y captación de pequeñas fuentes de agua*.  
[http://sintet.net/images/bliblioteca\\_digital/Manual%20de%20protecci%C3%B3n%20y%20captaci%C3%B3n%20de%20peque%C3%Blas%20fuentes%20de%20agua,%20MAG%20-%20CENTA%20-%20FAO,%20%20El%20Salvador%202002..pdf](http://sintet.net/images/bliblioteca_digital/Manual%20de%20protecci%C3%B3n%20y%20captaci%C3%B3n%20de%20peque%C3%Blas%20fuentes%20de%20agua,%20MAG%20-%20CENTA%20-%20FAO,%20%20El%20Salvador%202002..pdf)
- Marielle, C. (1996). *Agricultura campesina ¿Obstáculo o alternativa?* <http://base.d-ph.info/en/fiches/premierdph/fiche-premierdph-4409.html>
- Martínez, A. (2004a). *Necesidades hídricas en cultivos hortícolas*.  
[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_Hort%2FHort\\_2004\\_177\\_34\\_41.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Hort%2FHort_2004_177_34_41.pdf)
- Martínez, A. (2004b). *Necesidades hídricas en cultivos hortícolas*.  
[http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh177/034\\_041.pdf](http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh177/034_041.pdf)
- Martínez, F. (1995). *Medidas de Curvas de Retención de Humedad en Laboratorio y su estimación*.
- Matarrese, C. (2015). *Semana de la ciencia y tecnología: Composición del suelo*.  
<http://inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/El%20Suelo%2020%20de%20mayo.pdf>
- Meca, J. (2012). “*Análisis Financiero de los Costos de Producción y Comercialización de Cebolla Paiteña en la Finca Sandy, de la Parroquia Limones Cantón Zapotillo*”.  
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5511/1/Meca%20Brice%C3%B1o%20Jos%C3%A9.pdf>
- Mencías, D. (2015). *Determinación de la infiltración en el suelo, estudio de la calidad del agua para riego y manejo ambiental del sistema de riego el Pisque-Pichincha* [Universidad Internacional SEK].  
[file:///C:/Users/Marco/Downloads/Tesis\\_Daniela\\_Mencias.pdf](file:///C:/Users/Marco/Downloads/Tesis_Daniela_Mencias.pdf)
- Mendoza, A. (2016). *Riego por goteo*.  
[file:///C:/Users/Marco/Downloads/TESIS%20EN%20RIEGO%20GOTEO%20\(PICOITA\)%20ELVIS/Descargas%20sobre%20el%20Riego/Riego%20por%20goteo.pdf](file:///C:/Users/Marco/Downloads/TESIS%20EN%20RIEGO%20GOTEO%20(PICOITA)%20ELVIS/Descargas%20sobre%20el%20Riego/Riego%20por%20goteo.pdf)

- Miranda, J. J. (1984). *Aspectos generales del suministro de agua y de los métodos de su aplicación*.  
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/011663/ASPECTOSGENERALESDELSUMINISTRODEAGUA.pdf>
- Montellanos, N. (2017). *Pèrdidas de carga en tuberías*.  
<https://es.scribd.com/document/357946440/Perdidas-de-Carga-en-Tuberias#>
- Moreno, J. (2023). *Diseño de un sistema de riego por goteo para el cultivo de café (Coffea arabica) en el barrio Guarango, parroquia Santa Teresita, cantòn Espìndola, provincia de Loja*. [Nacional de Loja]. file:///C:/Users/Marco/Downloads/GUION-DIAPOSITIVAS-JM/Tesis-Riego%20Goteo%20Jandry-Moreno.pdf
- Morillo, K. (2016). *Proyecto de factibilidad para la creaciòn de una microempresa de turismo enfocada a promocionar lugares naturales y culturales del cantòn Zapotillo, provincia de Loja*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/11697/1/T-UCE-0003-CA265-2016.pdf>
- Morocho, F., & Chillogallo, J. (2010). *Efecto de diferentes granulometrías de carbòn vegetal en la aireaciòn de un suelo franco, en el cultivo de tomate de mesa (solanum lycopersicum L.) bajo invernadero en la estaciòn experimental `la argelia`, fase II*.  
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5745/1/Morocho%20Guailas%200Fredy%20%26%20Chillogallo%20Granda%20Jonny.pdf>
- Osorio. (2012a). *El pH y sus efectos en el suelo de nuestros cultivos*.  
<https://mycsainc.com/newsletter/blog/2021/03/03/el-ph-y-sus-efectos-en-el-suelo-de-nuestros-cultivos/#:~:text=Los%20suelos%20de%206.5%20a,cuales%20son%20reducidos%20en%20su>
- Osorio, N. W. (2012b). *pH del suelo y disponibilidad de nutrientes*.  
<https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>
- Paguay, C. (2017). *Determinaciòn de los requerimientos hídricos para el cultivo de cebolla colorada (Allium cepa L.) var burguesa, en base al contenido de agua en el suelo, en Macajì, cantòn Riobamba, provincia de Chimborazo*. [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7643/1/13T0846.pdf>
- Paz Ferreiro, Mirás Avalos, & Vidal Vázquez. (2007). *Caracterización de las propiedades generales del suelo en una parcela experimental con distintos sistemas de laboreo*.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/61899162.pdf>

- Paz, M., & Liotta, M. (2015). *Manual de capacitaciòn: Sistema de riego por goteo*.  
<http://www.prosap.gov.ar/Docs/3-%20Sistema%20de%20riego%20por%20goteo.pdf>
- PDOT Zapotillo, P. de D. y O. T. del C. Z. (2019). *Actualizaciòn del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantòn Zapotillo*. [https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/1160001480001\\_PDOT%20COMPLETO\\_13-04-2016\\_11-52-43.pdf](https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1160001480001_PDOT%20COMPLETO_13-04-2016_11-52-43.pdf)
- Pedrollo. (2022). *Casa del riego*. file:///C:/Users/Marco/Documents/CATALOGO-GENERAL-PEDROLLO-60Hz-Bombas.pdf
- Pèrez, L., & Delgadillo, O. (2016). *Mediciòn de la Infiltraciòn del agua en el suelo*.  
[http://www.centro-agua.umss.edu.bo/wp-content/uploads/2022/04/S\\_T\\_12016\\_Medicion\\_infiltracion\\_doble\\_anilla.pdf](http://www.centro-agua.umss.edu.bo/wp-content/uploads/2022/04/S_T_12016_Medicion_infiltracion_doble_anilla.pdf)
- Pèrez, N. (2008). *Determinaciòn de curvas características en suelos no saturados con celdas de presiòn*. <https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt313.pdf>
- Picoita, D. (2021). *Diseño de un sistema de riego por goteo en el cultivo de café (Coffea arábica L.) en el centro binacional de formaciòn tècnica Zapotepamba-Paltas*. [Universidad Nacional de Loja].  
file:///C:/Users/Marco/Downloads/TESIS%20EN%20RIEGO%20GOTEO%20(PICOITA)%20ELVIS/Tesis%20Riego%20por%20goteo%20Picoita.pdf
- Pizarro, F. (1996a). *Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersiòn, exudaciòn*. (Tercera Ediciòn. Mundi-Prensa).  
file:///C:/Users/Marco/Downloads/Fernando%20Pizarro-Riego%20localizados%20de%20alta%20frecuencia.pdf
- Pizarro, F. (1996b). *RIEGOS LOCALIZADOS DE ALTA FRECUENCIA (RLAF) goteo, microaspersiòn, exudaciòn* (Tercera). Ediciones Mundi-Prensa.
- PNRD, P. N. de R. y D. (2021). *Plan Nacional de Riego y Drenaje: Resumen ejecutivo*.  
<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/PLAN-NACIONAL-DE-RIEGO-Y-DRENAJE-2021-2026-PARA-PUBLICAR.pdf>
- Portal Ecuador. (2021). *Aspectos generales del cantòn Zapotillo*.  
file:///C:/Users/Marco/Downloads/413043907-Aspectos-Generales-de-Zapotillo.pdf
- PortalFrutícola. (2017). *Infiltraciòn de agua en el suelo. Importancia y mètodos para medirla*.  
<https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/09/04/infiltracion-del-agua-en-el-suelo-importancia-y-metodos-para-medirla/>
- Quizhpe, D. (2010). *Instalaciòn de un cabezal de riego para un sistema establecido que comprende un invernadero, umbràculo y patio de aclimaciòn, ubicados en el campus*

- Juan Lunardi Paute, de la facultad de ciencias agropecuarias y ambientales.*  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4033/1/UPS-CT001942.pdf>
- Ramos, G. (2014). *Definición de riego* (# 21). <https://definicion.mx/riego/>
- Roberts, T. (1997). *Papel del fosforo, y del potasio en el establecimiento de los cultivos.*  
[http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/2473CABE355B4BBE85258012005ECC69/\\$FILE/Art%201.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/2473CABE355B4BBE85258012005ECC69/$FILE/Art%201.pdf)
- Rucks, L., García, F., Kaplan, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo.* <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Ruiz, E., & Martínez, M. (2018). *Infiltración y humedad del suelo.*  
[https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/47724/mod\\_resource/content/1/Material\\_Docente/Tema\\_4.pdf](https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/47724/mod_resource/content/1/Material_Docente/Tema_4.pdf)
- Salazar, R. (2023). *Determinación del Kc y ETp en las etapas fenológicas de (Allium cepa) variedad burguesa, bajo las condiciones climáticas de Querochaca.*  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38326/1/Tesis-366%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20Salazar%20Altamirano%20Ricardo%20Marcelo.pdf>
- Sánchez, D. (2023). *Estimación de los requerimientos hídricos de los cultivos del sistema de riego Zapotillo, provincia de Loja.* [Universidad Nacional de Loja].  
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26014/1/Diego%20Alcivar%20Sánchez%20Alejandro.pdf>
- Santos, L., Valero, J., Picornell, M., & Martín, J. (2010). *El Riego y sus Tecnologías.*
- Sarandón, J. (2020). *El papel de la agricultura en la transformación social-ecológica de América Latina.* <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/16550.pdf>
- Sevilla. (2010). *Manual de riego para agricultores: Riego localizado.*  
[https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941RIEGO\\_BAJA.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941RIEGO_BAJA.pdf)
- Silva, P., Silva, H., Garrido, M., & Acevedo, E. (2015). *Manual de estudio y ejercicios relacionados con el contenido de agua en el suelo y su uso por los cultivos.*  
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130642/Manual-de-estudio-y-ejercicios-relacionados-con-el-contenido-de-agua.pdf;sequence=4>
- Silva, P., Silva, H., Marco, G., & Acevedo, E. (2015). *Manual de estudios y ejercicios relacionados con el contenido de agua en el suelo y su uso por los cultivos.*  
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130642/Manual-de-estudio-y-ejercicios-relacionados-con-el-contenido-de-agua.pdf?sequence=4&isAllowed=y>



- Solorio, J. (2022). *Factores que influyen en la pérdida de presión de las tuberías industriales*.  
<https://www.corzan.com/blog-sp/factores-perdida-de-presion-tuberias-industriales>
- Subsecretaría de Riego y Drenaje. (2019a). *Plan Nacional de Riego y Drenaje*.  
[https://prefecturadeesmeraldas.gob.ec/docs/8\\_plan\\_nacional\\_de\\_riego\\_y\\_drenaje.pdf](https://prefecturadeesmeraldas.gob.ec/docs/8_plan_nacional_de_riego_y_drenaje.pdf)
- Subsecretaría de Riego y Drenaje. (2019b). *Plan Nacional de Riego y Drenaje 2019 – 2027*.  
<https://leap.unep.org/countries/ec/national-legislation/plan-nacional-de-riego-y-drenaje-2019-2027>
- Tamara, L. (2016). *Macronutrientes y micronutrientes*.  
[https://www.academia.edu/40050646/MACRONUTRIENTES\\_Y\\_MICRONUTRIENTES\\_en\\_las\\_plantas\\_fisiolog%C3%ADa\\_vegetal](https://www.academia.edu/40050646/MACRONUTRIENTES_Y_MICRONUTRIENTES_en_las_plantas_fisiolog%C3%ADa_vegetal)
- Tapia, D. (2018). *¿Qué es un manómetro?* <https://es.scribd.com/document/377194832/Que-Es-Un-Manometro#>
- Thompson, & Troeh. (2021). *Los suelos y su fertilidad* (Cuarta Edición).  
[https://www.google.com.ec/books/edition/Los\\_suelos\\_y\\_su\\_fertilidad/VpIUEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=que+es+la+capacidad+de+campo&pg=PA102&printsec=frontcover](https://www.google.com.ec/books/edition/Los_suelos_y_su_fertilidad/VpIUEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=que+es+la+capacidad+de+campo&pg=PA102&printsec=frontcover)
- Trujillo, L. (2019). *El aforo volumétrico*. <https://es.scribd.com/document/405304838/El-Aforo-Volumetrico>
- Valarezo, L., Valarezo, C., & Mancino, M. (2020). *Producción agropecuaria sostenible en los suelos arcillosos del piso temperado andino del sur del Ecuador*.  
<https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2021-01/Produccion%CC%81n%20Agropecuaria%20Sostenible%20en%20Suelos%20Arcillosos%20del%20Piso%20Temperado%20Andino%20del%20Sur%20del%20Ecuador.pdf>
- Valdivieso, V. (2013). *Efecto de cuatro láminas de Riego por goteo sobre la producción del cultivo de maíz duro (Zea mays), según la evaporación del tanque evaporímetro clase «A»*. [Nacional de Loja]. <file:///C:/Users/Marco/Downloads/TESIS%20FINAL-MAIZ-UNL-ZAPOTILLO..pdf>
- Valverde, J. (2022). *Sistemas de riego por goteo*.  
<https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-2235.pdf>
- Varas, E., & Sandoval, J. (2012). *Riego: Criterio para mejorar la eficiencia*.  
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/39640/NR09054.pdf?sequence=1>

Vilchez, H. (2020). *Diseño e implementación de un sistema de riego por goteo automatizado para una hectárea de cultivo de durazno en el distrito de la isla-Asia, cañete.*

[https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3354/T030\\_70119054\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3354/T030_70119054_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Westreicher, G. (2020). *Producción agrícola.*

<https://economipedia.com/definiciones/produccion-agricola.html>

Yazòn, J. (2018). *Estabilidad de taludes en reservorios.*

[https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/10951/yanzon-rauek-pps.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/10951/yanzon-rauek-pps.pdf)

Zamora, E. (2016). *El cultivo de la cebolla.* <https://dagus.unison.mx/Zamora/CEBOLLA-DAG-HORT-015.pdf>

## 11. Anexos

### Anexo 1.

*Construcción de la calicata para descripción del perfil de suelo.*



### Anexo 2.


*Descripción del perfil de suelo.*



### Anexo 3.

*Determinación y análisis de las propiedades físicas del suelo.*



 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14K y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf: 023828860 Ext. 2080	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>  <b>Rev. 5</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Hoja 1 de 1</b>

Informe N°: LN-SFA-023-0751  
 Fecha emisión Informe: 17/04/2023

#### DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante<sup>1</sup>: Vinicio Leonardo Requena Castillo  
 Dirección<sup>2</sup>: Unión Lojana-Loja  
 Provincia<sup>2</sup>: Loja Cantón<sup>2</sup>: Loja  
 Teléfono<sup>2</sup>: 0979905158  
 Correo Electrónico<sup>2</sup>: vinicio.requena@unl.edu.ec  
 N° Orden de Trabajo: 11-2023-070  
 N° Factura/Documento: 012-001-1686

#### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra <sup>2</sup> : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco		
Cultivo <sup>2</sup> : Cebolla			
Provincia <sup>2</sup> : Loja	Coordenadas <sup>2</sup> :	X: ----	
Cantón <sup>2</sup> : Zapotillo		Y: ----	
Parroquia <sup>2</sup> : Limones		Altitud: ----	
Muestreado por <sup>2</sup> : Daniel Guamán			
Fecha de muestreo <sup>2</sup> : 27-03-2023	Fecha de inicio de análisis: 03-04-2023		
Fecha de recepción de la muestra: 03-04-2023	Fecha de finalización de análisis: 17-04-2023		

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>3</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-23-0778	M1	Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	13,64
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	14,42
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	7,83
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	6,58
		arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	68
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	20
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco arenoso

Analizado por: Edison Vega, Paulina Llave, Katty Pastás

#### Observaciones:


- Informe revisado por: Katty Pastás
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.



Quim. Katty Pastás  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliar y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

<sup>1</sup> Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14X y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Telef.: 023826860 Ext. 2080	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
		<b>Rev. 5</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Hoja 1 de 1</b>

Informe N°: LN-SFA-023-0751  
 Fecha emisión Informe: 17/04/2023

#### DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante<sup>1</sup>: Vinicio Leonardo Requena Castillo  
 Dirección<sup>2</sup>: Unión Lojana-Loja  
 Provincia<sup>2</sup>: Loja  
 Cantón<sup>2</sup>: Loja  
 Teléfono<sup>2</sup>: 0979905158  
 Correo Electrónico<sup>2</sup>: vinicio.requena@uni.edu.ec  
 N° Orden de Trabajo: 11-2023-070  
 N° Factura/Documento: 012-001-1686

#### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra <sup>2</sup> : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo <sup>2</sup> : Cebolla		
Provincia <sup>2</sup> : Loja	Coordenadas <sup>2</sup> :	X: ---
Cantón <sup>2</sup> : Zapotillo		Y: ---
Parroquia <sup>2</sup> : Limones		Altitud: ---
Muestreado por <sup>2</sup> : Daniel Guamán		
Fecha de muestreo <sup>2</sup> : 27-03-2023	Fecha de inicio de análisis: 03-04-2023	
Fecha de recepción de la muestra: 03-04-2023	Fecha de finalización de análisis: 17-04-2023	

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS


CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>2</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-23-0779	M2	Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	14,12
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	12,32
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	5,80
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	6,52
		Arena	Bouyancy PEE/SFA/20	%	64
		Limo	Bouyancy PEE/SFA/20	%	22
		Arcilla	Bouyancy PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco arenoso

Analizado por: Edison Vega, Paulina Llve, Katty Pastás

#### Observaciones:

- Informe revisado por: Katty Pastás
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.



  
**Quim. Katty Pastás**  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliar y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra-entregada por el cliente en esta fecha.  
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

<sup>1</sup> Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

## Anexo 4.

### Análisis de las propiedades químicas del suelo.



## RESULTADOS

Pág 1/1

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS		
Tipo de Muestra:	Suelo	
Cultivo:	-----	
Número de Muestra:	# 1	# 2
Información Proporcionada por el Cliente:	Horizonte 1	Horizonte2

Contenido de macro- y microelementos en mg / kg de suelo seco

Análisis		Unidades	Método de Extracción	*Niveles Óptimos	Resultado	Resultado
Características del Suelo	Materia Orgánica	%	-	5 - 15	3,6	3,2
	Conductividad (CE)	mS/cm	Vol. 1:2	0,2 - 0,4	0,59	0,28
	pH (en H <sub>2</sub> O)	-	Vol. 1:2	-	8,3	7,2
	pH (en KCl)	-	Vol. 1:2	5,5 - 6,5	7,1	6,1
	Nitrato (NO <sub>3</sub> -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	6,2	6,5
	Amonio (NH <sub>4</sub> -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	0,5	2,5
	(NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> )-N	mg/kg	-	30 - 45	36,7	38,7
	Fósforo (P)	mg/kg	NaHCO <sub>3</sub> 0.5M	25 - 40	23,0	23,0
	Potasio (K)	mg/kg	NaCl 0.05 M	125 - 300	49,0	87,3
	Magnesio (Mg)	mg/kg	NaCl 0.05 M	45 - 135	194	37
	Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0.05 M	500 - 1000	432	428
	Azufre (SO <sub>4</sub> -S)	mg/kg	Extracto Agua	10 - 15	9,8	11,8
Micronutrientes	Hierro (Fe)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	20 - 50	50	45,9
	Manganeso ( Mn)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	6 - 30	23,0	24,0
	Cobre (Cu)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	0,8 - 4,0	2,9	3,7
	Zinc (Zn)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	1,5 - 8,0	1,8	1,8
	Boro (B)	mg/kg	Extracto Agua	0,15 - 0,60	0,17	0,17
Peligro de Salinidad	Sodio (Na)	mg/kg	Extracto Agua	< 140	35,3	97,5
	Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/kg	Extracto Agua	< 210	86,9	96,9

\* Fuente: Soil Science Society of America Inc. (Ed.). 2001. Methods of Soil Analysis. 1390 pp. ?

-- No Aplica

Nota: -El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.

## Anexo 5.

### Análisis de la calidad del agua de riego.



**Agrarprojekt S.A**  
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito  
 Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-024148  
 agrarprojekt@cablemodem.com.ec  
 info@agrarprojekt.com  
 www.agrarprojekt.com

### RESULTADOS

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Tipo de Muestra:	Agua de Riego
Número de Muestra:	# 1
Identificación de la Muestra:	Muestra "Agua de Riego"

Contenido de macro- y microelementos en mg / l (equivalente a ppm)

Análisis	Unidades	*Recomendación: Agua de Riego para Cultivos Frutícolas Intensivos	Resultado
pH	-	5.4 - 8.8	7.8
Conductividad (CE)	mS/cm	< 1.0 (ideal: < 0.5)	0.51
Salinidad	dS/m	< 1.5 (ideal: 0.8)	0.7
Sólidos disueltos totales	mg/l	< 900 (ideal de 0-300)	1120
Dureza Total	-	-	-
Clasificación	-	-	agua semidura
Grado Dureza °d	°d	-	12.4
Dureza en mmol/l	mmol/l	-	2.22
Dureza equivalente CaCO <sub>3</sub> en ppm	mg/l	< 275	222
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/l	< 30	1.0
Fosfato (PO <sub>4</sub> )	mg/l	< 15	0.1
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	mg/l	< 72	110
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	< 106 (ideal: < 53)	12.1
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> )	mg/l	< 183	215
∑ Aniones	meq/l	-	6.18
Amonio (NH <sub>4</sub> )	mg/l	< 4.5	0.1
Potasio (K)	mg/l	< 20	1.1
Magnesio (Mg)	mg/l	< 30	14.7
Calcio (Ca)	mg/l	< 60	64.5
Sodio (Na)	mg/l	< 70 (ideal: < 35)	37.3
∑ Cationes	meq/l	-	6.08
Hierro (Fe)	mg/l	< 1.5	0.093
Manganeso (Mn)	mg/l	< 0.5	0.069
Cobre (Cu)	mg/l	< 0.1	0.010
Zinc (Zn)	mg/l	< 0.3	0.041
Boro (B)	mg/l	< 0.3	0.088

\* Fuente: D. W. Reed. Water, Media y Nutrition. Ball Publishing. 311 pp.

- = No Aplica?

Nota : Los métodos de ensayo utilizados, están a disposición del cliente cuando lo requiera.

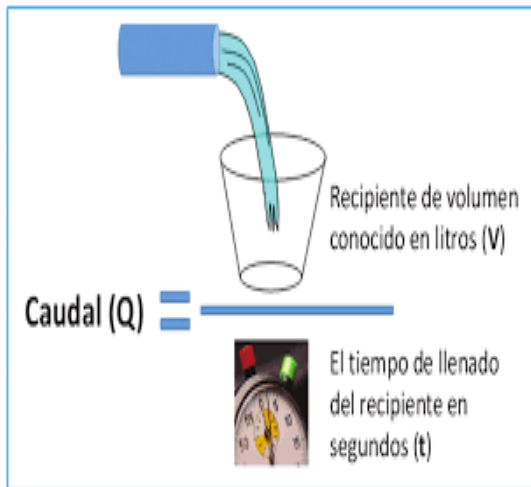
El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.

Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados. No procede copia.

**Agrarprojekt S.A.**  
 Dr. Karl Sponagel

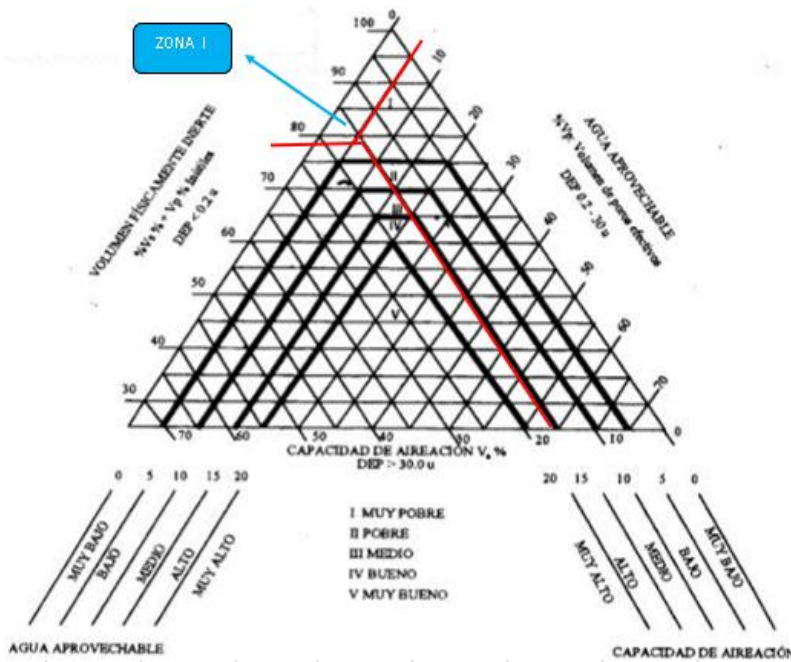
## Anexo 6.

Aforo volumétrico para determinar el caudal de la zona de estudio.



## Anexo 7.

Diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo.



### Volumen total de poros (VTP)

VTP = pF 0 (saturación = porosidad)

VTP = 31,23 %

### Volumen total de sólidos (VTS)

VTS = 100 % – Saturación (macroporos + microporos)

VTS = 100 % – VTP



$$VTS = (100 - 31,23) \%$$

VTS = 68,77 %, volumen ocupado por las partículas del suelo.

### Capacidad de aireación (CA)

CA = Saturación – CC (Capacidad de campo)

$$CA = (31,23 - 14,42) \%$$

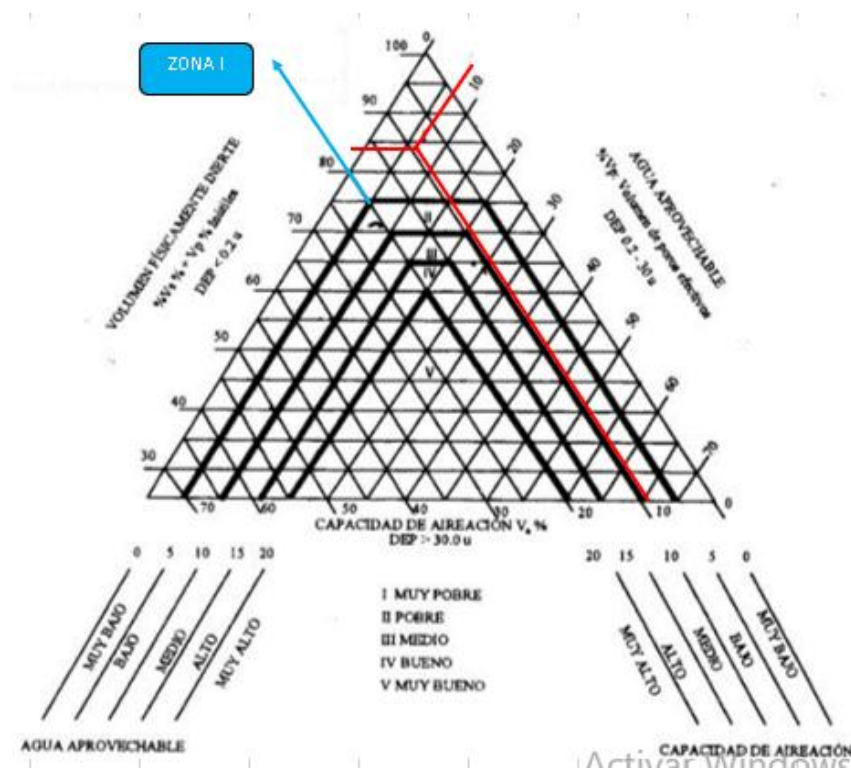
$$CA = 16,81 \%$$

### Volumen físicamente inerte (VFI)

$$VFI = [100 - (VTP - PMP)]$$

$$VFI = [100 - (31,23 - 7,83)] \%$$

$$VFI = 76,60 \%$$



### Volumen total de poros (VTP)

VTP = pF 0 (saturación = porosidad)

$$VTP = 21,58 \%$$

### Volumen total de sólidos (VTS)

VTS = 100 % – Saturación (macroporos + microporos)

$$VTS = 100 \% - VTP$$

$$VTS = (100 - 21,58) \%$$

VTS = 78,42 %, volumen ocupado por las partículas del suelo.

### Capacidad de aireación (CA)

CA= Saturación – CC (Capacidad de campo)

$$CA = (21,58 - 12,32) \%$$

$$CA = 9,26 \%$$

### Volumen físicamente inerte (VFI)

$$VFI = [100 - (VTP - PMP)]$$

$$VFI = [100 - (21,58 - 12,32)] \%$$

$$VFI = 84,22$$

### Anexo 8.

*Colocación del cilindro de doble anillo para prueba de infiltración básica.*



### Anexo 9.

*Valores de velocidad de infiltración básica (VIB).*

PRUEBA INFILTRACIÓN 1						
Tiempo parcial (min)	Tiempo Acumulado (min)	Enrace (cm)	Lectura en campo (cm)	Lamina infiltrada (cm)	Lamina Acumulada (cm)	V. Inf. Insta (cm/min)
1	1		20,4	0,40	0,40	0,507
1	2		21	0,60	1,00	0,415
5	7		23,2	2,20	3,20	0,289
5	12		25,2	2,00	5,20	0,247
5	17		26,4	1,20	6,40	0,224
5	22		28	1,60	8,00	0,208
5	27		29	1,00	9,00	0,196
5	32		30	1,00	10,00	0,187
5	37		31	1,00	11,00	0,179

5	42		32	1,00	12,00	0,172
5	47		32,6	0,60	12,60	0,167
5	52		33,2	0,60	13,20	0,162
5	57		34	0,80	14,00	0,158
5	62		34,8	0,80	14,80	0,154
10	72		36	1,20	16,00	0,148
10	82		37,2	1,20	17,20	0,142
10	92		38	0,80	18,00	0,138
10	102		39	1,00	19,00	0,134
10	112		39,4	0,40	19,40	0,130
10	122		40	0,60	20,00	0,127
15	137		40,6	0,60	20,60	0,123
15	152		41,2	0,60	21,20	0,119
15	167		42	0,80	22,00	0,116
15	182		42,2	0,20	22,20	0,113
30	212	20	27	7,00	29,20	0,108
30	242		31	4,00	33,20	0,104
60	302		36	5,00	38,20	0,098
60	362		40,4	4,40	42,60	0,093

Fuente: elaborado por el autor.

<b>PRUEBA INFILTRACIÓN 2</b>						
<b>Tiempo parcial</b>	<b>Tiempo Acumulado</b>	<b>Enrace</b>	<b>Lectura en campo</b>	<b>Lamina infiltrada</b>	<b>Lamina Acumulada</b>	<b>V. Inf. Insta (cm/min)</b>
<b>(min)</b>	<b>(min)</b>	<b>(cm)</b>	<b>(cm)</b>	<b>(cm)</b>	<b>(cm)</b>	
1	1		20,4	0,40	0,40	0,437
1	2		20,8	0,40	0,80	0,365
5	7		22,8	2,00	2,80	0,264
5	12		24,4	1,60	4,40	0,230
5	17		25,8	1,40	5,80	0,210
5	22		27	1,20	7,00	0,197
5	27		28	1,00	8,00	0,186
5	32		29	1,00	9,00	0,178
5	37		29,8	0,80	9,80	0,172
5	42		30,4	0,60	10,40	0,166
5	47		31,2	0,80	11,20	0,162
5	52		32	0,80	12,00	0,157
5	57		32,6	0,60	12,60	0,154
5	62		33,2	0,60	13,20	0,150
10	72		34,4	1,20	14,40	0,145
10	82		35,6	1,20	15,60	0,140
10	92		36,6	1,00	16,60	0,136
10	102		37,6	1,00	17,60	0,132
10	112		38,8	1,20	18,80	0,129
10	122		39,4	0,60	19,40	0,126

15	137		40,6	1,20	20,60	0,122
15	152		41,6	1,00	21,60	0,119
15	167		42,8	1,20	22,80	0,116
15	182		43,8	1,00	23,80	0,114
30	212	20	24,8	4,80	28,60	0,109
30	242		28,6	3,80	32,40	0,106
60	302		35,2	6,60	39,00	0,100
60	362		39,6	4,40	43,40	0,095

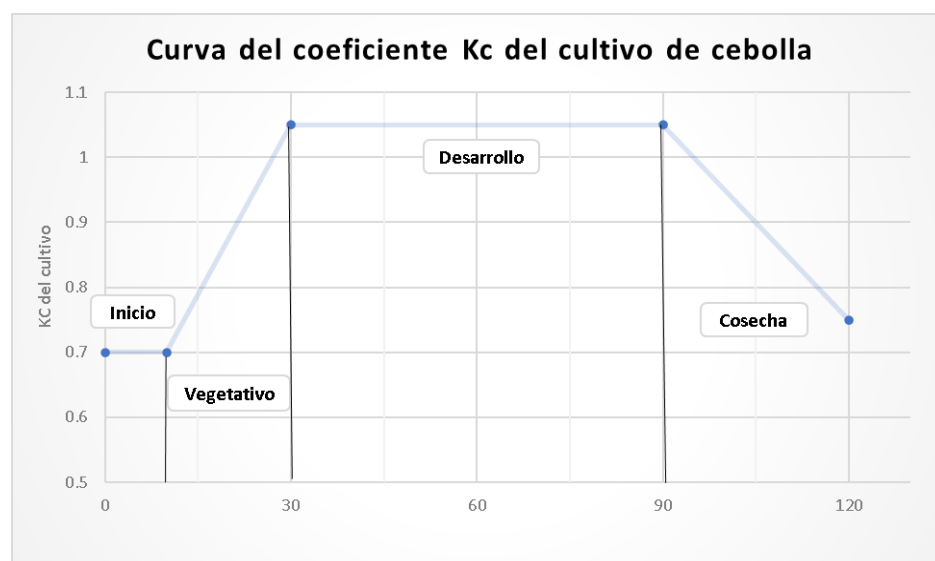
Fuente: elaborado por el autor.

## Anexo 10.

*Fase fenológicas y Kc del cultivo de cebolla.*

CEBOLLA			
Fase del desarrollo	Duración (Días)	Fecha	Kc
INICIO	10	Del 02 a 12 de abril	0,7
VEGETATIVO	20	De 12 de abril a 02 de mayo	1,05
DESARROLLO	60	De 02 de mayo a 01 de Julio	1,05
COSECHA	30	De 01 de Julio a 31 de Julio	0,75
<b>TOTAL, DIAS</b>	<b>120</b>		<b>0,8875</b>

Fuente: elaborado por el autor.



## Anexo 11.

*Estaciones meteorológicas consideradas en el estudio.*

CÓDIGO	ESTACIÓN	ALTITUD	COORDENADAS Y (m)	COORDENADAS X (m)
M151	ZAPOTILLO	120	9515422	584421,5
472FD6CE	LANCONES	136	9486793	550225,9
103038	PUERTO PIZARRO	6	9612698,6	567193,3

Fuente: elaborado por el autor.

## Anexo 12.

Cinta de goteo para riego.

Cinta Chapin-Drip												
DATOS TÉCNICOS												
DELUXE Caudal y espaciamento, 16 & 22 mm, 5-15 mil												
Espaciamento		salidas /100ft	Caudal en 0.7 bar (10 PSI)				Caudal en 0.6 bar (8 PSI)				Filtración mesh	
inch	cm		gpm/100ft	lph/100m	gph/salida	lph/salida	gpm/100ft	lph/100m	gph/salida	lph/salida		
6	15	200	1.00	744	0.30	1.13	0.80	595	0.24	0.91	120	
6	15	200	1.33	989	0.40	1.51	1.06	792	0.32	1.21	120	
8	20	150	0.40	298	0.16	0.60	0.32	238	0.13	0.48	150	
8	20	150	0.50	372	0.20	0.76	0.40	298	0.16	0.60	150	
8	20	150	0.65	484	0.26	0.98	0.52	387	0.21	0.79	120	
8	20	150	0.85	632	0.34	1.29	0.68	506	0.27	1.03	120	
8	20	150	1.50	1,116	0.60	2.27	1.20	893	0.48	1.81	120	
12	30	100	0.25	186	0.15	0.57	0.20	149	0.12	0.45	200	

## Anexo 13.

Fórmulas utilizadas para el diseño agronómico del sistema de riego por goteo.

### Corrección por efecto de localización (Kl)

Con la fracción de la superficie del suelo sombreada con respecto a la superficie total proyectada de la planta:

$$A = \frac{\pi D m^2}{4 (a * b)}$$

$$A = \frac{3.1416 \times (0,07)^2}{4 (0,10 * 0,10)}$$

$$A = 0,38$$

Al valor de A calculado se lo reemplaza en las siguientes fórmulas:

$$\text{Aljibury} \Rightarrow Kl = 1,34 A \quad Kl = 0,52$$

$$\text{Decroix} \Rightarrow Kl = 0,1 + A \quad Kl = 0,48$$

$$\text{Hoare} \Rightarrow Kl = A + 0,5(1 - A) \quad Kl = 0,69$$

$$\mathbf{Keller} \Rightarrow Kl = A + 0,15(1 - A) \quad Kl = 0,48$$

De estos valores se elimina el mayor y menor dato para promediar los dos datos restantes y como resultado un da Kl de 0,50. Luego:

$$Kl * Etc$$

$$0,50 * 7,75 = 3,87$$

### Correcciones por condiciones locales

Se utilizó el criterio de Hernández Abreu para la corrección por variación climática con un  $Kv = 1,20$ :

$$1,2 * Etc \text{ (corregido)}$$

$$1,2 * 3,87 = 4,65$$

y por advección, de acuerdo al tamaño de la zona que se va a regar siendo así para una superficie de  $10\,000\ m^2$  un  $Kv = 0,95$ :

$$\text{Factor de advección} * Etc \text{ (corregido)}$$

$$0,95 * 4,65 = 4,42$$

$$Etrl = Etc * Kl * Kv * Ka$$

$$Etrl = 7,75 * 0,50 * 1,20 * 0,95$$

$$Etrl = 4,42 \text{ mm/día}$$

### Necesidades netas de riego (Nn)

$$Nn = Etrl$$

$$Nn = 4,42 \text{ mm/día}$$

### Necesidades totales de riego (Nt)

$$K = 1 - ef. \text{aplicacion} \quad LR = \frac{CEi}{2CEs * f}$$

$$K = 1 - 0,9 \quad LR = \frac{0,51}{2 * 1,2 * 0,9}$$

$$K = 0,10$$

$$LR = 0,24$$

Se toma el valor más alto para proceder a calcular las necesidades totales

$$Nt = \frac{Nn}{Cu(1 - K)}$$

$$Nt = \frac{4,42 \text{ mm/día}}{0,9 (1 - 0,24)}$$

$$Nt = 6,4 \text{ mm/día}$$

### **Necesidades diarias por planta**

$$N_{diarias} = Nt * a * b$$

$$N_{diarias} = 6,4 \frac{\text{mm}}{\text{día}} * 0,10 \text{ m} * 0,10 \text{ m}$$

$$N_{diarias} = 0,064 \text{ l planta/día}$$

### **Área mojada por emisor**

$$Ae = \frac{\pi Ds^2}{4}$$

$$Ae = \frac{3,1416 * (0,42)^2}{4}$$

$$Ae = 0,14 \text{ m}^2$$

### **Número de emisores por planta**

$$n_e \geq \frac{Sp * P}{100 * Ae}$$

$$n_e \geq \frac{0,010 * 70 \%}{100 * 0,14 \text{ m}^2}$$

$$n_e = 0,050$$

## Separación entre emisores

### Separación máxima

$$Se = Rm(2 - \frac{s}{100})$$

$$Se = 0,21 (2 - \frac{100}{100})$$

$$Se = 0,21$$

### Separación mínima

$$Se = 0,21 (2 - \frac{100}{100})$$

$$Se = 0,21$$

### Separación promedio

$$Se_{promedio} = \frac{0,21 + 0,21}{2}$$

$$Se_{promedio} = 0,21$$

Este promedio se encuentra apto para poder trabajar, ya que la cinta de goteo tiene el emisor cada 20 cm.

### Porcentaje de superficie mojada real:

$$P = \frac{Ne * 100 * Ae}{Sp}$$

$$P = \frac{0,050 * 100 * 0,14}{0,010}$$

$$P = 70 \%$$

### Lamina neta

Para el cálculo de la lámina neta se trabajó por horizontes con sus valores respectivos:

#### Horizonte 1

$$Ln = P * (CC - PMP * Z * Da)$$

$$Ln = 30 * (14,42 - 7,83 * 0,15 * 1,35)0,45$$



$$Ln = 4,0 \text{ mm}$$

## Horizonte 2

$$Ln = P * (CC - PMP * Z * Da)$$

$$Ln = 30 * (12,32 - 5,80 * 0,10 * 1,52)$$

$$Ln = 3,0 \text{ mm}$$

## Frecuencia de riego:

$$Fr = \frac{Hd}{Etc}$$

$$Fr = \frac{9,15 \text{ mm/día}}{4,42 \text{ mm/día}}$$

$$Fr = 2,07 \text{ días}$$

## Tiempo de riego

$$Tr = \frac{Hd}{PP * Efr}$$

$$t = \frac{9,15 \text{ mm/día}}{14,71 \frac{\text{mm}}{\text{h}} * 0,9\%}$$

$$t = 0,7 \text{ hrs}$$

## Anexo 14.

*Ecuaciones utilizadas para el diseño hidráulico del sistema de riego por goteo.*

## Caudal de la tubería lateral

$$Ql = Qe * Ngl$$

$$Ql = 1 \text{ l/h} * 445$$

$$Ql = 445 \text{ l/h} = 0,124 \text{ l/s}$$

### Pérdida de carga por fricción en la lateral de riego

$$J = 1,21 * 10^{10} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * D^{-4,87}$$

$$J = 1,21 * 10^{10} \left(\frac{0,124 \text{ l/s}}{140}\right)^{1,852} * (15,24 \text{ mm})^{-4,87}$$

$$J = 0,046 \text{ m/m}^{-1}$$

### Factor de Christiansen

$$F = \frac{2n}{(2n - 1)} * \left(\frac{1}{B + 1}\right) + \left(\frac{(B - 1)^{1/2}}{6n^2}\right)$$

$$F = \left(\frac{2 * 44}{(2 * 44) + 1}\right) * \left(\frac{1}{1,85 + 1}\right) + \left(\frac{(1,85 - 1)^{1/2}}{6 * 44^2}\right)$$

$$F = 0,35$$

### Pérdida de fricción de la tubería

$$hf = (J * l * F) + (Pnd)$$

$$hf = \left(0,046 \frac{\text{m}}{\text{m}} * 89 \text{ m} * 0,35\right) + (-0,5)$$

$$hf = 0,96 \text{ m}$$

### Pérdida de presión máxima admisible 15% (Ps)

$$P = 10 \text{ m}$$

$$\Delta Z = 0,1 * P = 0,1 * 10 = 1,00$$

$$Hf > \Delta Z$$

$$0,96 > 1,00$$

### Velocidad media del flujo

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

$$V = \frac{0,000124 \text{ m}^3 / \text{s}^{-1}}{0,000182 \text{ m}^2}$$

$$V = 0,68 \text{ m} / \text{s}^{-1}$$

### Caudal de la tubería secundaria más crítica

$$Ql = Qe * Ngl$$

$$Ql = 1 \frac{l}{h} * 14\,657,4$$

$$Ql = 14\,657,4 \frac{l}{h} = 4,071 \text{ l/s}$$

### Pérdida de carga por fricción en la lateral de riego

$$J = 1,21 * 10^{10} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * D^{-4,87}$$

$$J = 1,21 * 10^{10} \left(\frac{4,071 \text{ l/s}}{150}\right)^{1,852} * (47,4 \text{ mm})^{-4,87}$$

$$J = 0,010 \text{ m/D}^{-1}$$

### Factor de Christiansen

$$F = \frac{2n}{(2n-1)} * \left(\frac{1}{B+1}\right) + \left(\frac{(B-1)^{1/2}}{6n^2}\right)$$

$$F = \left(\frac{2 * 14}{(2 * 14) + 1}\right) * \left(\frac{1}{1,85 + 1}\right) + \left(\frac{(1,85 - 1)^{1/2}}{6 * 14^2}\right)$$

$$F = 0,36$$

### Pérdida de fricción de la tubería

$$hf = (J * l * F) + (Pd)$$

$$hf = \left(0,10 \frac{m}{m} * 20,24 \text{ m} * 0,36\right) + (-1,0)$$

$$hf = -0,22 \text{ m}$$

### Pérdida de presión máxima admisible 20% (Ps)

$$P = 20 \text{ m} \quad \Delta Z = 0,1 * P = 0,1 * 20 = 2,0$$

$$H_f > \Delta Z$$

$$-0,22 > 2,0$$

### Velocidad media del flujo

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

$$V = \frac{0,00407 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}}{0,00176 \text{ m}^2}$$

$$V = 2,31 \text{ m}/\text{s}^{-1}$$

### Caudal de la tubería principal

$$Ql = Qe * Ngl$$

$$Ql = 1 \frac{l}{h} * 14\ 657,4$$

$$Ql = 14\ 657,4 \frac{l}{h} = 4,071 \text{ l/s}$$

### Pérdida de carga por fricción en la lateral de riego

$$J = 1,21 * 10^{10} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * D^{-4,87}$$

$$J = 1,21 * 10^{10} \left(\frac{4,071 \text{ l/s}}{150}\right)^{1,852} * (47,4 \text{ mm})^{-4,87}$$

$$J = 0,010 \text{ m/m}$$

### Factor de Christiansen

$$F = \frac{2n}{(2n-1)} * \left(\frac{1}{B+1}\right) + \left(\frac{(B-1)^{1/2}}{6n^2}\right)$$

$$F = \left(\frac{2 * 14}{(2 * 14) + 1}\right) * \left(\frac{1}{1,85 + 1}\right) + \left(\frac{(1,85 - 1)^{1/2}}{6 * 14^2}\right)$$

$$F = 0,36$$

### Pérdida de fricción de la tubería

$$hf = (J * l * F) + (Pd)$$

$$hf = \left(0,10 \frac{m}{m} * 20,24 m * 0,36\right) + (-1,0)$$

$$hf = -0,22 m$$

### Pérdida de presión máxima admisible 20% (Ps)

$$P = 20 m$$

$$\Delta Z = 0,1 * P = 0,1 * 20 = 2,0$$

$$hf > \Delta Z$$

$$-0,22 < 2,0$$

### Velocidad media del flujo

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

$$V = \frac{0,00407 m^3 / s^{-1}}{0,00176 m^2}$$

$$V = 2,31 \frac{m}{s^{-1}}$$

### Caudal de la principal

$$Qp = Qs * Nl$$

$$Qp = 4,071 l / s^{-1} * 1$$

$$Qp = 4,071 l / s^{-1}$$

### Pérdida de carga por fricción

$$J = 1.21 * 10^{10} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * D^{-4,87}$$

$$J = 1.21 * 10^{10} \left(\frac{4,071 l/s}{150}\right)^{1,852} * (72 mm)^{-4,87}$$

$$J = 0,014 \text{ m/m}$$

**Pérdida de fricción en la tubería**

$$hf = (J * l)$$

$$hf = (0,014 * 56,77)$$

$$hf = 0,78 \text{ m}$$

**Pérdida de presión máxima admisible 20% (Ps)**

$$Hf > \Delta Z$$

$$0,78 < 2,0$$

**Velocidad media del flujo**

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

$$V = \frac{0,0041 \text{ m}^3 / \text{s}^{-1}}{0,0041 \text{ m}^2}$$

$$V = 1,0 \frac{\text{m}}{\text{s}^{-1}}$$

**Anexo 15.**

*Fórmula aplicada para obtener la carga dinámica total.*

**Sector 1**                       $CDT = P_o + +hflt_{s1} + hflt_{s2} + hfl + hfl_{filtro} + hfl_{acc}$

$$CDT = 10 + 0,95 + 0,92 + 1,32 + 3 + 3$$

$$CDT = 19,19 \text{ mca}$$

**Sector 2**                       $CDT = P_o + +hflt_{s1} + hflt_{s2} + hfl + hfl_{filtro} + hfl_{acc}$

$$CDT = 10 + 0,95 + 1,13 + (-1,59) + 3 + 3$$

$$CDT = 16,49 \text{ mca}$$

**Sector 3**                       $CDT = P_o + +hflt_{s1} + hflt_{s2} + hfl + hfl_{filtro} + hfl_{acc}$

$$CDT = 10 + 0,95 + 1,07 + (-0,9) + 3 + 3$$

$$CDT = 17,12 \text{ mca}$$

**Sector 4**

$$CDT = P_o + hflt_{s1} + hflt_{s2} + hfl + hfl_{filtro} + hfl_{acc}$$

$$CDT = 10 + 0,95 + 0,72 + (-22,44) + 3 + 3$$

$$CDT = 15,23 \text{ mca}$$

$$CDT \text{ promedio} = 17,0 \text{ mca}$$

**Anexo 16.**

*Fórmulas aplicadas para el diseño de reservorio.*

**Área del fondo**

$$Af = L * A$$

$$Af = 2,90m * 2,18m$$

$$Af = 6,32 \text{ m}^2$$

**Área del espejo de agua**

$$Aea = L_{bl} * A_{Bl}$$

$$Aea = 4,40m * 3,68m$$

$$Aea = 16,20 \text{ m}^2$$

**Altura menor del agua**

$$H < a = \frac{h > a - Pte Lf}{100 * Af}$$

$$H < a = \frac{1,50 \text{ m} - 5\%}{100 * 2,18 \text{ m}}$$

$$H < a = 1,39 \text{ m}$$

### Volumen neto calculado

$$V_c = \frac{h > a * Af + Aea + (Af * Aea)^{0,5}}{3 - Rvp}$$
$$V_c = \frac{1,50 * 6,32 + 16,20 + (6,32 * 16,20)^{0,5}}{3 - 0,37}$$
$$V_c = 15,95 \text{ m}^3$$

### Volumen total con borde libre

$$V_c = \frac{h > a + Bl * (Af + LA * AA)^{0,5}}{3 - Rvp}$$
$$V_c = \frac{1,50 * 6,32 + 16,20 + (6,32 * 16,20)^{0,5}}{3 - 0,37}$$
$$V_c = 19,35 \text{ m}^3$$

### Área de geomembrana

#### Longitud de Talud

$$LT = \sqrt{T} (h > a + Bl)^2 + (h > a + Bl)^2$$
$$LT = \sqrt{0,50} (1,50 + 0,20)^2 + (1,50 + 0,20)^2$$
$$LT = 1,90 \text{ m}$$

#### Área de taludes

$$AT = (Lf + LzA) * LT + (Lf + Af) * LT$$
$$AT = (2,90 + 4,60) * LT + (Lf + Af) * LT$$
$$AT = 25,78 \text{ m}^2$$

#### Área de anclajes

$$AA = (LzA + 2 * Aba) * (Aza + 2 * Aba) - Lza * Aza + 2 * (Lza + 2 * Aba) * LaS + 2 * (Aza + 2 * Aba) * LaS$$



$$AA = (4,60 + 2 * 0,50) * (3,88 + 2 * 0,50) - 4,60 * 3,88 + 2 * (4,60 + 2 * 0,50) * 0,50 + 2 * (4,60 + 2 * 0,50)0,50$$

$$AA= 19,96 \text{ m}^2$$

### Área neta de geomembrana

$$AG= AA + AT + Af$$

$$AG= 19,96 + 25,78 + 6,32$$

$$AG= 52,07 \text{ m}^2$$

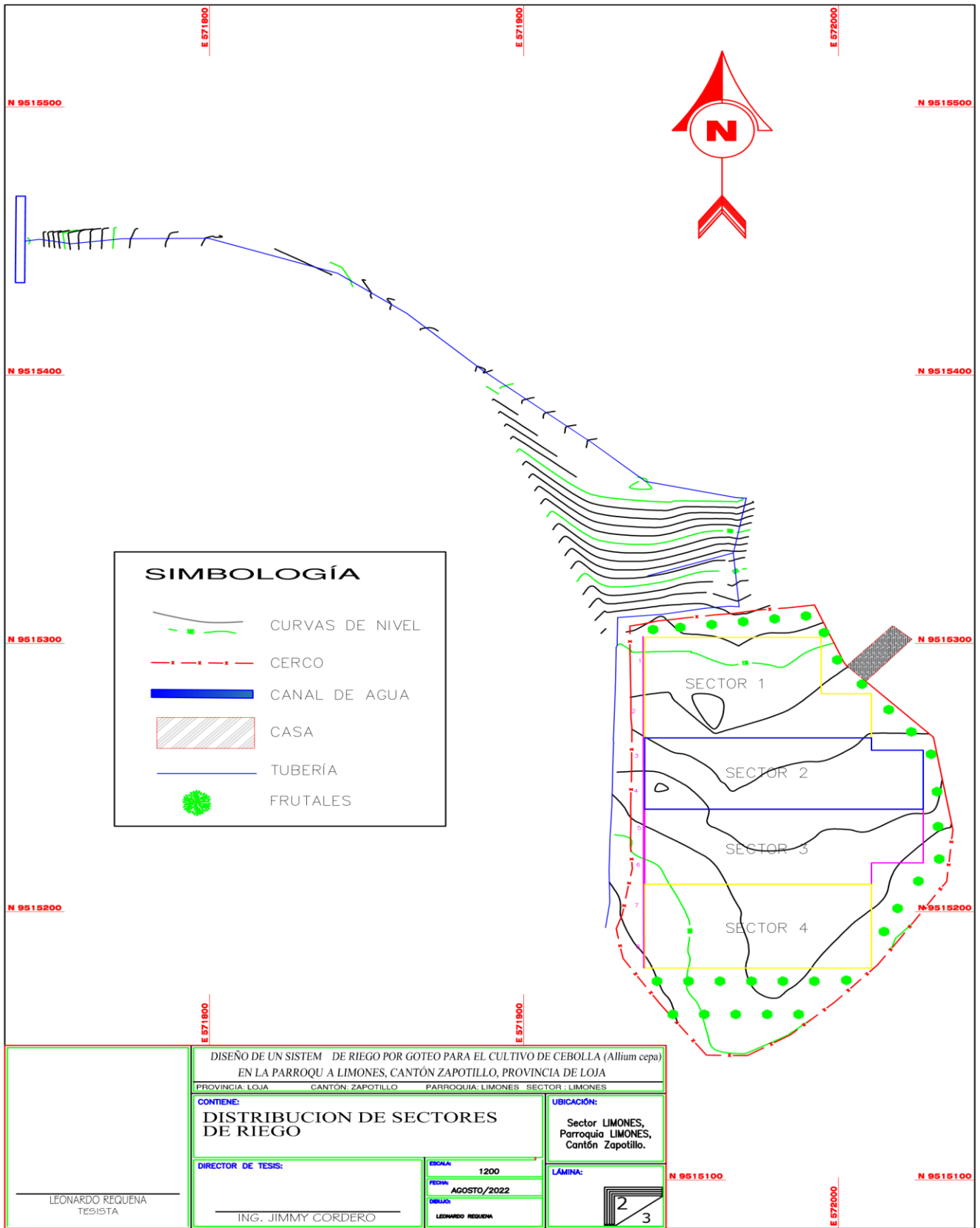
### Anexo 17.

*Bomba para riego modelo trifásica F40/160C.*



# Anexo 18.

Predio caracterizado por sectores de riego.



**Anexo 19.***Presupuesto general del sistema de riego y del reservorio.*

<b>RUBRO</b>	<b>CANT.</b>	<b>U</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Cabezal de control</b>				
Válvula de 3" Pie PVC R-R PN16	1	U	78,13	78,13
Adaptador PVC macho 3"	1	U	4,50	4,50
Tubo succión PVC-P E/C 3" 1MPa	1	U	10,57	10,57
Codo PVC 3" E/C * 90°	1	U	2,90	2,90
Unión universal PVC 3" E/C	1	U	7,75	7,75
Reductor largo PVC E/C 3" x 2"	1	U	1,47	1,47
Adaptador PVC macho 2"	2	U	3,46	6,92
Electrobomba centrífuga 3HP 220v Trifásica 2" x 2"	1	U	718,00	718,00
Reductor largo PVC E/C 75mm * 2"	1	U	1,50	1,50
Tubo PVC-P E/C 75mm 0.5 Mpa x 6m	1	U	22,26	22,26
Codo PVC 75mm E/C x 90°	5	U	2,84	14,20
Unión universal PVC 75mm E/C	4	U	8,48	33,92
Adaptador PVC macho 75mm	8	U	6,79	54,32
Válvula de compuerta 75mm	2	U	23,88	47,76
Montura 75mm x 1/2"	1	U	3,46	3,46
Buje PVC 1/2" - 1/4"	1	U	1,07	1,07
Manómetro glicerina 100 PSI	3	U	5,74	17,22
Filtro de anillas 200 Mesh 3"	2	U	46,69	93,38
Tee PVC E/C de 75mm	4	U	3,54	14,16
Reductor PVC E/C 75mm x 32mm	2	U	1,10	2,20
Montura 32mm x 1/2"	2	U	1,46	2,92
Válvula de bola 32 mm PVC E/C Universal	2	U	5,04	10,08
Válvula de aire 1" doble acción hidro/gris T/gota	1	U	16,75	16,75
Adaptador PVC H 32 mm	2	U	0,49	0,98
Tubo PVC-P E/C 32mm 0,5 Mpa	1	U	6,24	6,24
Venturi 532 1"	1	U	22,00	22,00
<b>Costo Total</b>				<b>1194,66</b>
<b>Sector 1</b>				
Tee Reductora PVC 75mm x 50mm	1	U	2,86	2,86
Codo PVC E/C 50mm x 90°	4	U	0,85	3,40
Unión Universal PVC 50mm	1	U	3,90	3,90
Adaptador Macho PVC 50mm x 1 1/2	2	U	1,13	2,26
Válvula de Bola PVC Roscada 50mm	1	U	8,43	8,43
Tubo PVC E/C 50mm x 0.63 Mpa x 6 m	13	U	12,94	168,22
Tee PVC E/C 50mm	1	U	1,16	1,16
Codo PVC 50mm x 45°	2	U	1,05	2,10
Adaptador PVC macho 50mm	2	U	1,15	2,30
Tapa Roscada hembra 50mm	2	U	1,29	2,58
Empaque PE 16mm caucho	81	U	0,14	11,34
Conector PE 16mm Inicial Flex	81	U	0,16	12,96
Rollo de Cinta de Goteo 1 L/h - 10 PSI C/20 cm	2	U	331,50	663,00
Terminal de Gotero tipo anillo 16mm	81	U	0,10	8,10

**Costo Total** **892,61**

**Sector 2**

Tee Reductora PVC 75mm * 63mm	1	U	4,01	4,01
Codo PVC E/C 63mm x 90°	4	U	1,65	6,60
Unión Universal PVC 63mm	1	U	4,15	4,15
Adaptador PVC macho 63mm x 2`	2	U	1,30	2,60
Válvula de Bola PVC Roscada 63mm	1	U	12,38	12,38
Tubo PVC E/C 63mm x 0.8 Mpa x 6 m	13	U	12,41	161,33
Tee PVC E/C 63mm	1	U	2,9	2,90
Reductor Perdido PVC 63mm x 50mm	2	U	0,95	1,90
Codo PVC 63mm x 45°	2	U	1,90	3,80
Adaptador Macho PVC 63mm	2	U	1,30	2,60
Tapa PVC Roscada hembra 63mm	2	U	2,15	4,30
Empaque PE 16mm caucho	57	U	0,14	7,98
Conector PE 16mm Inicial Flex	57	U	0,16	9,12
Rollo de Cinta de Goteo 1 L/h- 10PSI C/20 m	2	U	331,50	663,00
Terminal de Goteo 16mm	57	U	0,10	5,70

**Costo Total** **892,37**

**Sector 3**

Tee Reductora PVC 75mm x 50mm	1	U	2,86	2,86
Codo PVC E/C 50mm x 90°	4	U	0,85	3,40
Unión Universal PVC 50mm	1	U	3,90	3,90
Adaptador Macho PVC 50mm x 1 1/2	2	U	1,13	2,26
Válvula de Bola PVC Roscada 50mm	1	U	8,43	8,43
Tubo PVC E/C 50mm x 0.63 Mpa x 6 m	6	U	12,94	77,64
Tee PVC E/C 50mm	1	U	1,16	1,16
Codo PVC 50mm x 45°	2	U	1,05	2,10
Adaptador PVC macho 50mm	2	U	1,15	2,30
Tapa Roscada hembra 50mm	2	U	1,29	2,58
Empaque PE 16mm caucho	60	U	0,14	8,40
Conector PE 16mm Inicial Flex	60	U	0,16	9,60
Rollo de Cinta de Goteo 1 L/h - 10 PSI C/20 cm	2	U	331,50	663,00
Terminal de Gotero 16mm	60	U	0,10	6,00

**Costo Total** **793,63**

**Sector 4**

Tee Reductora PVC 75mm x 50mm	1	U	2,86	2,86
Codo PVC E/C 50mm x 90°	4	U	0,85	3,40
Unión Universal PVC 50mm	1	U	3,90	3,90
Adaptador Macho PVC 50mm x 1 1/2	2	U	1,13	2,26
Válvula de Bola PVC Roscada 50mm	1	U	8,43	8,43
Tubo PVC E/C 50mm x 0.63 Mpa x 6 m	6	U	12,94	77,64
Tee PVC E/C 50mm	1	U	1,16	1,16
Codo PVC 50mm x 45°	2	U	1,05	2,10
Adaptador PVC macho 50mm	2	U	1,15	2,30
Tapa Roscada hembra 50mm	2	U	1,29	2,58
Empaque PE 16mm caucho	66	U	0,14	9,24
Conector PE 16mm Inicial Flex	66	U	0,16	10,56
Rollo de Cinta de Goteo 1 L/h - 10 PSI C/20 cm	2	U	331,50	663,00

Terminal de Gotero 16mm	66	U	0,10	6,60
<b>Costo Total</b>				<b>796,03</b>
<b>Tubería Principal</b>				
Tubo PVC-P E/C 75 mm 0,5 Mpa	20	U	22,26	445,20
Codo PVC de 75 mm x 45°	1	U	2,93	2,93
Adaptador PVC M de 75 mm x 3``	1	U	8,16	8,16
Tapón Roscable de 75 mm	1	U	1,37	1,37
<b>Costo Total</b>				<b>457,66</b>
<b>Accesorios</b>				
Pega 705 - Altas presiones 1 L	1	U	17,37	17,37
Limpiador C-65	1	U	4,13	4,13
Cinta EP industrial 15m amarilla MV	2	U	0,62	1,24
Teflón 3/4`` x 15m Normal	3	U	1,10	3,30
<b>Costo Total</b>				<b>26,04</b>
<b>Varios</b>				
Desbroce y limpieza	1	Ha	50	50,00
Replanteo y nivelación	1	Ha	100	100,00
Excavación a mano	32		15	480,00
<b>Costo Total</b>		<i>m<sup>3</sup></i>		<b>630</b>
<b>PRESUPUESTO GENERAL DEL DISEÑO DE SISTEMNA DE RIEGO POR GOTEO</b>			<b>\$\$</b>	<b>5,683</b>

Fuente: elaborado por el autor.

<b>Presupuesto del Reservorio</b>				
<b>RUBRO</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
Excavación con máquina	20	<i>m<sup>3</sup></i>	2,55	51
Geomembrana 750 HDPE micras	52,07	<i>m<sup>2</sup></i>	4,0	208,28
Mano de obra	2	U	17	34
<b>Costo total</b>				<b>293,28</b>

Fuente: elaborado por el autor.

## Anexo 20.

*Certificado de traducción del español al idioma inglés.*

Loja, 21 de febrero de 2024

Lic.

Fredin Rolando Cruz Rosales

**LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN:  
MENCION INGLÉS**

### **CERTIFICO:**

Que he realizado la traducción de español al idioma inglés del resumen derivado de la tesis denominada **"Diseño de un sistema de riego por goteo para el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), en la Parroquia Limones, Cantón Zapotillo, Provincia de Loja** de autoría de Vinicio Leonardo Requena Castillo, cédula de identidad 1150676425, estudiante de la Carrera de Ingeniería Agrícola de la **Universidad Nacional de Loja**, la misma que se encuentra bajo la dirección del Mgs Jimmy Javier Cordero previo a la obtención del título de ingeniero Agrícola

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente en lo que considere conveniente.



Fredin Rolando Cruz Rosales

**LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN:  
MENCION INGLÉS**



Lcdo. Fredin Rolando Cruz Rosales SENESCYT 1008-15-1359939 Telf. 0969803896  
Email: [rolandoteye@hotmail.com](mailto:rolandoteye@hotmail.com). [fredin.cruz@educacion.edu.ec](mailto:fredin.cruz@educacion.edu.ec)

