

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
VICERRECTORÍA DE DOCENCIA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



Informe de Trabajo Final de Graduación presentado a la  
Escuela de Ingeniería Agrícola como requisito parcial para  
optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agrícola

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA CULTIVO DE HORTALIZAS,  
EN LA FINCA ALTOS DEL VALLE EN SANTIAGO DE PARAÍSO, CARTAGO.

DAVID JOSÉ COTO ULLOA

CARTAGO, 2021

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA CULTIVO DE HORTALIZAS,  
EN LA FINCA ALTOS DEL VALLE EN SANTIAGO DE PARAÍSO, CARTAGO.

DAVID JOSÉ COTO ULLOA

Informe de Trabajo Final de Graduación presentado a la  
Escuela de Ingeniería Agrícola como requisito parcial para  
optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agrícola

---

Adrián Chavarría

Asesor - Lector

---

Isabel Guzmán

Director Escuela  
Ingeniería Agrícola

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

CARTAGO, COSTA RICA

2021

## **DEDICATORIA**

*A mis padres Joaquín Coto Ramírez y Olga Ulloa Martínez los que me inculcaron que los trabajos se realizan con amor, transparencia y tenacidad y con su ejemplo serán por siempre la inspiración y apoyo para seguir adelante.*

*A mis hermanos y primos que siempre han estado junto a mí y fueron un gran apoyo importante en mi vida.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*En primera instancia, darle gracias Dios por brindarme salud, sabiduría y resiliencia en esta experiencia universitaria y así poder culminar esta etapa de mi vida.*

*A mi familia por el sacrificio y esmero que realizaron durante estos años al acompañarme en este camino y estar siempre pendientes de mí.*

*A los profesores y personal administrativo la paciencia y conocimiento brindado por mi transcurso en esta preciosa carrera, a mi tutor Adrián Chavarría Vidal, que me ayudaron a formarme en el ámbito laboral y personal.*

*A mis amistades que fueron un gran apoyo en este tiempo en los que se compartieron muchos gratos recuerdos.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	viii
ABSTRACT .....	ix
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2    Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general .....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1    Cultivos hortícolas .....	5
2.2    Suelo .....	7
2.2.1    Textura .....	7
2.2.2    Contenido de humedad del suelo .....	8
2.2.3    Umbral de riego.....	9
2.2.4    Materia Orgánica.....	9
2.2.5    Densidad aparente .....	10
2.3    Riego.....	10
2.3.1    Goteo .....	11
2.3.2    Hidráulica de riego por goteo.....	12
2.4    Análisis económico.....	14
2.5    Análisis ambiental .....	14
2.6    Análisis social.....	15
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	16
3.1    Recolección de datos .....	17
3.1.1    Reconocimiento del proyecto.....	17
3.1.2    Levantamiento topográfico .....	17
3.1.3    Textura .....	17
3.1.4    Contenido de humedad en el suelo.....	18
3.1.5    Porcentaje de humedad del suelo .....	20
3.1.6    Densidad aparente .....	20
3.1.7    Evapotranspiración.....	21
3.1.8    Materia orgánica.....	22

3.2	Diseño.....	22
3.2.1	Diseño agronómico .....	22
3.2.2	Diseño Hidráulico .....	26
3.3	Análisis económico.....	32
3.4	Análisis de impacto ambiental.....	34
3.5	Análisis de impacto social .....	34
CAPITULO 4 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		35
4.1	Ubicación del proyecto.....	36
4.2	Estudio topográfico.....	36
4.3	Suelo .....	38
4.4	Contenido hídrico .....	38
4.5	Diseño agronommico.....	41
4.6	Diseño hidráulico.....	43
4.7	Análisis económico.....	55
4.8	Análisis ambiental .....	59
4.9	Análisis social.....	59
CAPITULO 5 CONCLUSIONES.....		63
CAPITULO 6 RECOMENDACIONES .....		65
Bibliografía.....		67
ANEXOS.....		70

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Agotamiento permisible. Fuente CONADI, 2017.....	9
Cuadro 2. Clasificación del proyecto en función de los criterios de ponderación establecido por SETENA.....	34
Cuadro 3. Texturas del área en estudio. ....	38
Cuadro 4. Porcentaje de humedad. ....	39
Cuadro 5. Densidad aparente. ....	40
Cuadro 6 Evapotranspiración del cultivo. ....	41
Cuadro 7. Datos agronómicos. ....	41
Cuadro 8. Tiempo de riego y especificaciones de los emisores.....	43
Cuadro 9. Área por cultivo.....	44
Cuadro 10. Cálculo de los parámetros hidráulicos del lateral para lote 1.....	44
Cuadro 11. Presiones en el lateral lote 1. ....	45
Cuadro 12. Parámetros hidráulicos del múltiple lote 1. ....	46
Cuadro 13. Parámetros hidráulicos de la tubería principal para lote 1. ....	47
Cuadro 14. Parámetros hidráulicos correspondientes a la cinta de goteo para los lotes 3, 5 y 7...48	
Cuadro 15. Parámetros hidráulicos de la múltiple para los lotes 3, 5 y 7. ....	48
Cuadro 16. Parámetro hidráulico de la tubería principal de los lotes 3, 5 y 7. ....	49
Cuadro 17. Parámetros hidráulicos de goteros alrededor del árbol del lote 2.....	49
Cuadro 18. Parámetros hidráulicos del lateral lote 2. ....	50
Cuadro 19. Parámetros hidráulicos de la múltiple para lote 2. ....	51
Cuadro 20. Parámetros hidráulicos de la tubería principal para el lote 2.....	52
Cuadro 21. Parámetros hidráulicos de goteros alrededor del árbol para los lotes 4, 6, 8 y 9. ....	52
Cuadro 22. Parámetros hidráulicos para el lateral de los lotes 4, 6, 8 y 9.....	53
Cuadro 23. Parámetros hidráulicos en la múltiple en los lotes 4, 6, 8 y 9. ....	54
Cuadro 24. Parámetros hidráulicos de la tubería principal de los lotes 4, 6, 8 y 9. ....	54
Cuadro 25. Costos inversión cultivo chile - tomate .....	55
Cuadro 26. Costos en inversión cultivo de chayote .....	56
Cuadro 27. Costo inversión tubería principal.....	56

Cuadro 28. Ingresos producción del cultivo de tomate por hectárea .....	57
Cuadro 29. Ingresos producción del cultivo de chile por hectárea .....	57
Cuadro 30. Ingresos producción del cultivo de chayote por hectárea.....	57
Cuadro 31. Ingreso de producción 3.7 hectáreas, finca altos del Valle .....	58
Cuadro 32. Costos de producción 3.7 hectáreas, finca altos del Valle .....	58
Cuadro 33. Indicadores de parámetros económicos .....	58
Cuadro 34. Matriz de Estudio Social .....	61



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Triangulo de texturas. Fuente (Ghisolfi, 2011).....	8
Figura 2. Porcentaje del área de humedecimiento para riego por goteo. Fuente Villalobos (2014). .....	12
Figura 3. Ubicación de la finca Altos del Valle. Elaborado con Quantum GIS.....	36
Figura 4. Mapa de curvas de nivel y pendiente de la propiedad. Elaborado con Civil 3D. ....	37

## RESUMEN

Se realizó el diseño del sistema de riego por goteo para el cultivo de chile y tomate como también el diseño de riego para el cultivo de chayote con goteros a su alrededor con el fin de suplir las necesidades hídricas de la planta, en un terreno de condiciones topográficas irregulares. El diseño se llevó a cabo en una finca ubicada en el distrito de Santiago, del cantón de Paraíso en la provincia de Cartago a una altitud de 1200 m.s.n.m.

Se estudió la topografía del lugar mediante el levantamiento topográfico para digitalizar las curvas de nivel y así proceder a dividir la propiedad en lotes que lograra mantener la pendiente lo más uniformemente posible. Para conocer el volumen de agua que se debe de suplir eficientemente se realizó el diseño agronómico de cada uno de los cultivos para evitar desperdiciar el recurso natural tan importante como es el agua en nuestros días. Posteriormente se planteó la distribución y análisis hidráulico correspondiente al terreno atendiendo a los criterios técnicos de diseño.

El terreno en estudio presenta un suelo muy enriquecido con materia orgánica que lo cual repercutió en una mayor frecuencia de riego, también a partir de la caracterización del relieve se logró el diseño de riego manteniendo la presión de entrada y distal en el rango de trabajo del emisor elegido.

### **Palabras claves:**

Riego, diseño, hidráulico, agronómico, presiones, pérdidas.

## **ABSTRACT**

The design of the drip irrigation system for the cultivation of chili and tomato was carried out as well as the irrigation design for the cultivation of chayote with drippers around it in order to supply the water needs of the plant, in a field of conditions irregular topographic. The design was carried out in a farm located in the district of Santiago, in the canton of Paraíso in the province of Cartago at an altitude of 1200 m.a.s.l.

The topography of the place was studied by means of topographic survey to digitize the contour lines and thus proceed to divide the property into lots that would maintain the slope as evenly as possible. To know the volume of water that must be supplied efficiently, the agronomic design of each of the crops was carried out to avoid wasting the natural resource as important as water today. Subsequently, the distribution and hydraulic analysis corresponding to the land was proposed, taking into account the technical design criteria.

The land under study presents a soil highly enriched with organic matter, which had an impact on a higher frequency of irrigation, also from the characterization of the relief, the irrigation design was achieved maintaining the inlet and distal pressure in the working range of the chosen issuer.

Keywords:

Irrigation, design, hydraulic, agronomic, pressures, losses.

# **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

El agua es uno de los recursos naturales esenciales que posee el planeta y base fundamental que requiere utilizar los seres vivos. En la actualidad este recurso ha sido expuesto a las acciones negativas que el ser humano ha realizado al medioambiente generando una limitación aprovechable que se pueda dar al agua dulce. Este recurso al igual que muchas otras sustancias, son necesarias para proliferar la vida y es para el sector agrícola imprescindible para lograr el desarrollo de las plantas. En este trabajo se dará énfasis al uso racional del agua para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos de chayote, tomate y chile.

El proyecto final de graduación se llevará a cabo en la finca Altos del Valle que se encuentra en las cercanías del pueblo de Santiago, ubicado en el cantón de Paraíso de la provincia de Cartago en Costa Rica. El área en estudio cuenta con una extensión aproximada de 4 hectáreas pertenecientes al señor José Joaquín Coto Ramírez, en las cuales se aplica la rotación de los cultivos mediante la división de varios lotes dentro de la finca. Es importante mencionar que el terreno está conformado por varias cualidades que la caracterizan como presentar una topografía irregular donde se conjugan cambios de pendientes pronunciadas con sectores de ondulaciones más uniformes, también considerar la presencia de una moderada pedregosidad en el lugar. La propiedad actualmente se encuentra inscrita en el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA) en el proyecto de riego ISTARU el cual abastece las zonas cantonales de Alvarado y Paraíso por otro lado, la finca no cuenta con algún tipo de sistema de riego que permita reponer las necesidades hídricas de las plantas problema que se debe de suplir.

Atendiendo a lo expuesto, es de gran importancia contar con un sistema de abastecimiento de agua para los cultivos, por lo que a través de este trabajo se pretende facilitar al productor el diseño de riego correspondiente que le ayude a solventar dicho problema para aprovechar adecuadamente todo el terreno como también mantener la producción activa durante todo el año, ya que en la época de verano es muy difícil que las plantas puedan desarrollarse.

Conforme se avance en la lectura del proyecto se mostrará la metodología y los resultados que se obtuvieron a partir del análisis que se efectuó para alcanzar los propósitos y satisfacciones que se pueden alcanzar mediante este sistema de riego que se puede otorgar al productor.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo general**

1. Diseñar un sistema de riego por goteo para el cultivo de hortalizas (chayote, tomate y chile) con la finalidad de lograr mejorar el desarrollo de las plantas, en la finca Altos del Valle ubicada en Santiago de Paraíso, Cartago.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

1. Diseñar el sistema de riego que mejor se adecue a las condiciones presentes en el terreno mediante la estimación de los parámetros agronómicos e hidráulicos para el cultivo de chile y tomate.
2. Diseñar el sistema de riego que mejor se adecue a las condiciones presentes en el terreno mediante la estimación de los parámetros agronómicos e hidráulicos para el cultivo de chayote.
3. Analizar la viabilidad ambiental, social y económica que conlleva la ejecución del proyecto.

## **CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA**

## **Cultivos hortícolas**

A continuación, se describe los tres diferentes cultivos que tiene como objetivo este proyecto para lograr abastecer las necesidades hídricas que posee cada uno de ellos, los cuales conforman parte de la dieta del costarricense y aportan distintos nutrientes al ser humano.

### **2.1.1 Tomate**

El tomate es una planta que pertenece a la familia solanaceae que incluye la papa y la berenjena. Es un cultivo perennifolioso que presenta un ciclo de vida corto con una duración aproximada de cuatro meses y medio dependiendo de la variedad seleccionada para sembrar de los cuales los primeros tres meses se utiliza para el crecimiento y desarrollo de la planta para culminar con un mes o mes y medio con la cosecha. Este cultivo se canaliza verticalmente mediante hilos con apariencia de enredadera, con el fin de facilitar las prácticas culturales como la de cosecha. Se siembra sobre diversas texturas que van desde liviano (arenosos), hasta pesados (arcillosos) adecuando se mejor en texturas franco-arenoso, franco-arcilloso y limo arenoso. (Rojas & Castillo, 2007)

El sistema radicular de esta planta es bastante superficial el cual se ancla al suelo o al sustrato por medio de una raíz principal pivotante y adventicias que le permiten extraer los nutrientes del suelo a una profundidad que no supera a los 30 cm. La distancia entre cada surco va desde 1,40 m a los 1,60 m y entre planta de 35 a 50 cm. (López, 2017)

### **2.1.2 Chile**

El chile es una planta que al igual que el tomate, la papa y la berenjena pertenece a la familia solanaceae que se siembran en hileras, es una planta con menor peso que el tomate por lo que permite un mayor reciclaje de los materiales sobre los cuales se apoyan las plantas que es la espaldera (estacas altas conectadas por hilos de mecate o alambre). Es un cultivo perenne de apariencia semiarborescente leñosa que puede variar de seis a doce meses de edad de los cuales su producción inicia aproximadamente a los dos meses y medio a tres meses de trasplantado esto es acorde a la variedad. La densidad de siembra oscila alrededor de 70 cm a 1,20 m con una distancia entre plantas de 40 a 60 cm. (Carrillo, 2007)

El tipo de textura para el cultivo del chile son de suelos livianos: Franco arenosos, franco y evitar suelo arcilloso. De igual que el tomate el chile tiene una raíz pivotante de la cual se derivan



unas frondosas raíces adventicias muy cercanas a la superficie presente en los primeros 60 cm de profundidad del suelo. (Orellana, Escobar, & Morales, s.f.). Como indica Álvarez (2018) para el siembro chile la concentración de raíces se encuentra en un rango de 25 a 30 cm de profundidad.

### **2.1.3 Chayote**

El cultivo del chayote no es un producto tradicional para el mercado. Pertenece a la familia cucurbitaceae cuyos tallos llegan a formarse en ramas y llegan a extenderse hasta los 15 m de largo. Este cultivo se ha convertido en la importante actividad económica del cantón de Paraíso siendo la exportación el mercado meta para el productor. Este cultivo abarca alrededor de 25 tipos de chayote del cual sobre sale el denominado quelite que es el utilizado para la exportación. Requiere de suelos ricos en materia orgánica y profundos de texturas livianas de origen volcánico, la presencia de la pedregosidad no influye para la producción ya que no requiere de una preparación previa del terreno. La densidad de siembra va a depender de la fertilidad del suelo, de la inclinación del suelo y pedregosidad por lo general se siembra entre los 4 m x 4 m hasta los 8 x 8 m. Una vez trasplantada la planta al terreno previamente se debe de realizar una barbacoa con hilos de alambre para que le de sostén sobre postes de roble de 3 x 3 pulgadas de 2 m de altura colocado cada 4 m entre sí, esa barbacoa ofrece mayor facilidad para la cosecha y de este modo se desarrolle y se expanda durante los primeros 4 meses para los posteriores 8 o 9 meses de cosecha. La raíz de este cultivo es mayormente superficial y una profundidad de 1 m para la raíz pivotante sin embargo se utilizan camellones de 20 cm y en algunos casos simplemente se rompe el suelo a esa profundidad para que las raíces laterales puedan desarrollarse. (Ministerio de agricultura y ganadería , s.f.)

A continuación, se exponen una serie de factores que se requieren para restablecer el déficit hídrico que presenta la planta al emanar el agua a través de las hojas y en menores cantidades también por los tallos a causa de su desarrollo y medio ambiente.

### **2.1.4 Evapotranspiración (Eto)**

Para Trezza (2008) la evapotranspiración incluye la pérdida de agua por la combinación de factores meteorológicos de la zona en estudio; la metodología para su determinación se incluye en estudio FAO riego y drenaje 56. Las unidades en que se representa la evapotranspiración es en mm/día la cual depende de los factores climáticos del lugar, el tipo de cobertura vegetal y la disposición de agua en el suelo. (Chavarría, 2013)

### **2.1.5 Coeficiente de cultivo (Kc)**

El Kc es un valor único que representa al cultivo en partícula y expresa la combinación de los cambios vegetativos y el grado en que ese crecimiento cubre el suelo.

El coeficiente cambia conforme la planta se desarrolle o esta vaya creciendo, los valores obtenidos se reflejan en una curva a lo largo del tiempo que refleja los cambios que se dan en la cobertura vegetal. (López, Calera, & Santa Olalla, 2005)

Debido a que estas plantas en oportunidades exceden la altura promedio de crecimiento el cual llegan a alcanzar los 1.5 o 2 m de altura, la FAO sugiere para estos cultivos la utilización de Kc para el tomate de 1.20, para el chile 1.15, y cucurbitáceas 1.

### **2.1.6 Evapotranspiración real (Etr)**

Es el producto de las condiciones reales atmosféricas del lugar y las características de la vegetación existente da como resultado la evaporación real a la que esté sometida finalmente el cultivo. Si aumenta la tensión del agua en suelo las plantas tienen mayor dificultad para adsorber el agua por lo que la transpiración del cultivo disminuye. (Chavarría, 2013)

## **2.2 Suelo**

### **2.2.1 Textura**

Las múltiples combinaciones de porcentajes de arena, limo y arcilla que pueden darse se han agrupado en unas pocas clases texturales, 12 según los criterios USDA. Proporcionan información acerca del comportamiento esperable del suelo y se denominan: arenosa, franco-arenosa, franco-limosa, franca, etc. Para determinar la clase textural se utilizan diagramas, por lo general, triangulares (triángulos equiláteros), existiendo uno para los datos ISSS y otro para los USDA. (Porta, López-Acevedo, & Poch, 2008)

En la tierra fina se han establecido tres intervalos de tamaños o fracciones granulométricas: arcilla (menor de 2  $\mu\text{m}$ ), limo (según ISSS de 2 a 20  $\mu\text{m}$  o bien según USDA de 2 a 50  $\mu\text{m}$ ) y arena (del límite superior del limo a 2000  $\mu\text{m}$ ). La arena se subdivide a su vez, con los criterios USDA, en: arena muy gruesa (2000 a 1000  $\mu\text{m}$ ), arena gruesa (1000 a 500  $\mu\text{m}$ ), arena media (500 a 250), arena fina (250 a 100) y arena muy fina (100 a 50). Con los criterios ISSS se establece la división entre arena fina (20 a 200) y arena gruesa (200 a 2000  $\mu\text{m}$ ).

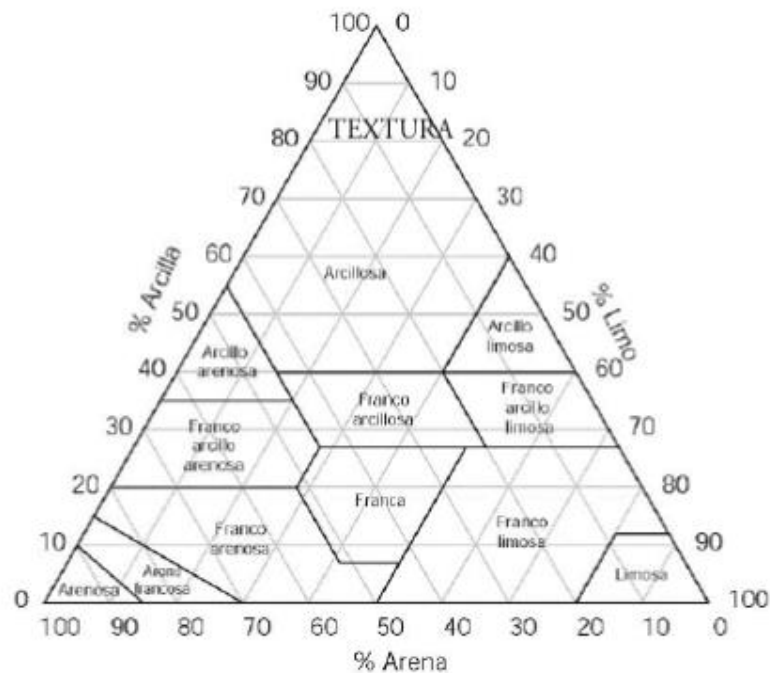


Figura 1. Triángulo de texturas. Fuente (Ghisolfi, 2011)

### 2.2.2 Contenido de humedad del suelo

Cuando un suelo bien saturar drena por efecto de la gravedad y se encuentra entre los límites de la zona radicular de los cultivos, el agua que no drena y permanece en esta zona en un plazo de 48 horas pasara retenida en aquellos poros del suelo menor a 0,05 mm de diámetro considerando valores críticos que varían en un rango de 0,03 a 0,1 mm de diámetro que han estado sometida a una tensión cercana a un tercio de la presión atmosférica por tanto el agua que se mantuvo en ese plazo acumulado corresponderá a la capacidad de campo que podrá tener el suelo. Por lo tanto se dice que el suelo se encuentra en capacidad de campo al estar los poros mas pequeños del suelo reteniendo el agua contra la fuerza de la gravedad y los poros que son mas grandes estaran en una buena parte ocupados por aire. (Shaxson & Barber, 2005)

Consecuentemente al continuar desendiendo la humeda del suelo por efecto de la gravedad en conjunto con la evaporacion y transpiracion de las plantas la capacidad de campo queda atrás asercandose al punto de marchites permanente. El agua que se almacena en el suelo ya bajo estas condiciones se a agotado tanto que se encuentra en los poros menores a los 0,0002 mm de diametro sometidos a valores cercanos a 15 veces la presion atmosferica y correspondera al punto de

marchites permanente. El agua retenida a una succión mayor a esta será de difícil absorción por las raíces ya que la capa de agua que rodea las partículas de suelo se va volviendo más fina cada vez más por el consumo que no estará disponible para la absorción alcanzando el denominado punto permanente de marchites. Finalmente la diferencia que existe entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente es el agua disponible para el uso de las plantas. (Shaxson & Barber, 2005)

### 2.2.3 Umbral de riego

Existe un porcentaje de agotamiento que se utiliza en el suelo para reponer el consumo de agua útil que se le da. Ese valor se sujeta con la finalidad de no alcanzar el valor de punto de marchites permanente que es perjudicial para las plantas. Generalmente el valor de este porcentaje varía entre un 20% a un 60% de la humedad útil del suelo y se debe de considerar el tipo de suelo como también el tipo de riego. En el siguiente cuadro se presenta el valor porcentual de agotamiento que se puede trabajar de acuerdo a la textura como tipo de riego. (CONADI, 2017)

Cuadro 1. Agotamiento permisible. Fuente CONADI, 2017.

Textura	Umbral de riego	
	Riego Tradicional	Riego tecnificado
Arenoso	20-40%	20-30%
Franco Arcilloso	40-60%	30-50%
Franco	30-60%	30-40%

### 2.2.4 Materia Orgánica

La materia orgánica (MO) se define como los residuos descompuestos de las plantas y animales por medio de un proceso biológico que se incorporan al suelo transformados microbiológicamente por medio de hongos, bacterias, microorganismos vivos etc. que generan la degradación. (Sánchez, Ruiz, & Ríos, 2005)

La materia orgánica beneficia en gran parte a la formación de agregados creando mayor sistema de poros mejorando la infiltración y aireación del suelo. Se encuentra presente generalmente en una pequeña fracción de la composición del suelo entre 1 a 6 % del horizonte A y se reduce conforme aumenta la profundidad del suelo. (Ghisolfi, 2011)

### **2.2.5 Densidad aparente**

Es la relación entre el peso de un volumen de suelo seco a 105 °C durante 24 horas que incluye el espacio poroso, dividido entre el peso de un volumen unitario. Apunta Salamanca (2005) que a medida se incrementó la materia orgánica y el espacio poroso la densidad aparente disminuye e inversamente, de igual modo para Calvache (2002) los suelos tanto volcánicos como orgánicos rondan valores entre un rango de 0.8 a 0.3 g/cc respectivamente. Se determina por medio de cilindros que permiten tomar una muestra indisturbada de suelo (Valverde, 2007)

### **2.3 Riego**

El agua es un recurso natural que abarca un importante porcentaje en nuestro planeta, recurso invaluable que debemos de aprender a conservar a pesar de que existen distintas formas en la que se encuentra compuesta el agua como es el agua potable, el agua salada, las aguas residuales, agua superficial y agua subterránea. De estas, no son todas aprovechables tanto para el consumo humano como para la producción agrícola, ya que por ejemplo la utilización del agua salada produce la muerte de la planta o las aguas residuales el aporte de químicos perjudiciales a la salud humana.

Estas circunstancias son importantes contemplarlas para utilizar el agua ya que el riego debe de cumplir con controles de calidad que permita la utilización del agua. Los análisis deben considerar tanto los compuestos químicos como también la presencia de organismos biológicos. (Avenaza, 2013)

Cualquier tipo de planta requiere de agua para asegurar y mantener su desarrollo correcto, estos requerimientos van de acuerdo con el tipo de planta. El clima juega un papel fundamental en proveer el agua necesaria para lograr la productividad de la planta, por lo que conocer la cantidad de agua requerida por la planta se necesita para retribuir o abastecer la demanda hídrica de los cultivos. Con el paso del tiempo se han desarrollado distintos tipos de riego específico que de una u otra forma tratan de simular el propósito que tiene el medio ambiente en reponer las necesidades hídricas de las plantaciones. (Maya, 2015)

Mediante el riego a presión será el sistema de riego que mejor se adecua a las condiciones que se presentan en el terreno en estudio por lo que se enfatiza para conseguir el propósito en el proyecto utilizando el riego por goteo.

### 2.3.1 Goteo

Este sistema de riego distribuye el agua en forma de gotas continuas por medio de un orificio al cuál se adapta un emisor (gotero) para formar el bulbo de humedecimiento necesario para las raíces. Este emisor también puede venir incorporado en la tubería y se denomina gotero integrado. (Maya, 2015)

El riego por goteo está fundamentado en la aplicación de pequeños caudales por medio de orificios de diámetro minúsculos que se sitúan en una estructura denominada goteros adaptados a tuberías de plásticos que se sitúan tanto sobre la superficie o inmediatamente debajo de la superficie del suelo. Generalmente se trabaja con presiones y caudales bajos con un suministro de agua sumamente limpia que posibilita la aplicación de fertilizantes junto al agua.

Para Villalobos y Valverde (2014) algunas de las ventajas que sobresalen en riego por goteo son:

- Menor consumo de agua, reduciendo hasta en un 50 % en comparación con la aspersión.
- Este sistema tiene una mayor eficiencia ya que se humedece el bulbo en la cantidad correcta.
- Con este tipo de riego se reduce la presencia de enfermedades al no favorecer el hospedaje o condiciones en el follaje debido al humedecimiento de la planta.
- Se puede aplicar fertirriego.
- Requiere de menos mano de obra para trabajar en el cultivo y más aún si se automatiza.
- Necesita de bajas presiones para ser operado, entre los 10 a 15 psi.

Igualmente, este sistema tiene desventajas como:

- Alto costo económico inicial.
- Se requiere de capacitación para operar el sistema.
- Requiere de mantenimiento preventivo, pues un daño llega a generar graves consecuencias.

Los componentes de este sistema de riego que toma en cuenta Moya (2009) son:

- ▶ El cabezal, el cual considera al grupo motobomba o la gravedad, filtros, válvulas, manómetros y aboneras.

- ▶ Red de tubería, la cual se divide en tuberías de conducción (principal y secundaria), tuberías de distribución o terciarias (laterales), válvulas y reguladores de presión.
- ▶ Por último, los emisores conformados por goteros, microtubo, cintas y mangueras.

### 2.3.2 Hidráulica de riego por goteo

#### Porcentaje de riego humedecido (PAR)

Para realizar el cálculo del PAR (Porcentaje de Área bajo Riego) se debe de tener en cuenta que en riego por goteo no se humedece el 100% del área. Realizando estudios se ha llegado a la conclusión que regando entre un 30 a 50% del área, las raíces de los cultivos reaccionan adecuadamente. En el caso de riego por goteo el PAR depende directamente del caudal del gotero, el tipo de suelo y el tiempo de riego. En suelo los cuales se encuentra constituidos por el aporte de cantos y gravas tanto en sus perfiles internos como en la superficie no constituyen suelo fino que pueda permitir el almacenamiento de agua por lo que en suelos donde hay mayor volumen de pedregosidad y rocosidad la reposición de agua debe de ser más intensa que en aquellos terrenos donde es mínima esta característica. Lo ideal para conocer realmente que PAR emplear en un diseño de riego es realizar pruebas con diferentes caudales y tiempos de riego y diseñar para dichos valores, pero esto requiere inversión de tiempo, por lo cual Keller y Karmelli (Figura 2. Porcentaje del área de humedecimiento para riego por goteo. Fuente Villalobos (2014).) se dieron a la tarea de diseñar tablas para el cálculo directo del PAR. (Villalobos & Valverde, 2014)

Porcentaje de área humedecido por riego															
Espaciamento entre laterales (m)	Descarga del gotero (L/h)														
	Menos de 1,5			2			4			8			Más de 10		
	Textura del suelo														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
	Espaciamento sobre los goteros del lateral (m)														
0.2	0.5	0.9	0.3	0.7	1	0.6	1	1.3	1	1.3	1.7	1.3	1.6	2	
Porcentaje del área bajo riego (estimado) (%)															
0.8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
1	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	
1.2	25	58	100	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	
1.5	20	47	80	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	
2	15	35	60	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	
2.5	12	28	48	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	
3	10	23	40	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	
3.5	9	20	34	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	
4	8	18	30	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	
4.5	7	16	26	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	
5	6	14	24	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	
6	5	12	20	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	

G = Textura gruesa, Arenosa  
M = Textura media, Franca  
F = Textura fina, Arcillosa

Figura 2. Porcentaje del área de humedecimiento para riego por goteo. Fuente Villalobos (2014).

## **Eficiencia**

La evaporación del suelo, la escorrentía superficial y la percolación profunda son en gran medida reducidas o eliminadas. La infiltración y el almacenamiento de las precipitaciones estacionales mejoran gracias a suelos con menos costras del suelo (en gran medida, producto de los otros sistemas de riego). El riego por goteo bien diseñado, administrado y mantenido tiene más de un 95% de eficiencia en la aplicación, por lo que se busca que cada gota que este aplicando pueda ser aprovechada. No existen prácticamente desperdicios o pérdidas. Además, aplicar pequeñas cantidades de riego puede permitir tomar decisiones más eficientes sobre los eventos de riego; es decir, producto de aplicar pequeños caudales por goteo, permite tomar decisiones más acertadas y realizar correcciones de manera rápida y oportuna. Alvarado (2016)

## **Presión en el sistema.**

Para este tipo de riego es fundamental contar con la presión adecuada para el funcionamiento. En cuanto se hace circular el agua por las tuberías se produce las pérdidas de carga debido al rozamiento del agua con las paredes, por lo que todos los cálculos se relacionan con este concepto ya que los emisores requieren de una presión que se gasta conforma circule dentro de los goteros llegando a anularse en la salida requiriendo compensarse para que logran operar. (Moya, 2009)

## **Colocación de laterales y gotero**

Según (Villalobos,2017) algunas de las disposiciones que se pueden utilizar son:

- a) 1 tubería por fila de plantas con goteros uniformemente espaciados: Se utiliza para cultivos hortícolas, para frutales de espaciamiento corto.
- b) Dos tuberías por fila de plantas con goteros uniformemente espaciados: En cultivos sembrados en eras anchas y se requiere humedecer toda la era. El sistema es caro para frutales.
- c) 1 tubería por fila de plantas con goteros múltiples no espaciados en forma uniforme. Se utilizan en cultivos en macetas y frutales.
- d) Una tubería entre dos filas de plantas. Se puede utilizar en cultivos de poco espaciamiento.
- e) Tubería en zig – zag. Se puede utilizar en frutales.
- f) Tubería en cola de cerdo. Se puede utilizar para frutales.



## **2.4 Análisis económico**

El estudio de viabilidad económica y financiera del proyecto planteado es un apartado imprescindible para el desarrollo del mismo, puesto que puede condicionar el diseño óptimo del producto o servicio. Dentro de los costos de producción se encuentran la materia prima, materiales, recursos necesarios para crear o dar el servicio. Estos costos se pueden clasificar en función de su valor como variables o fijos.

Los costos fijos y variables son tipos de costos que se pueden encontrar en la producción de un producto y en la prestación de un servicio, es necesario para la toma de decisiones en cuanto a viabilidad del proyecto, identificar si un costo es fijo o variable permite tener claridad sobre cómo se mueve la producción o prestación del servicio. (Duque, 2017)

### **Costos variables**

Son aquellos que aumentan o disminuyen directamente proporcional al volumen de producción o prestación del servicio, está relacionado al nivel de actividad desarrollado por el servicio. (Duque, 2017)

### **Costos fijos**

Son aquellos que se mantienen constantes independientemente del nivel de actividad desarrollado por el servicio, el costo se mantendrá igual, no tendrá ninguna variación. Generalmente estos costos son mensuales, semestrales o quizás anuales, lo que quiere decir que dependen más de un espacio de tiempo que de la variación que pueda existir en la producción o prestación del servicio. (Duque, 2017)

## **2.5 Análisis ambiental**

La evaluación de impacto ambiental se encarga de la identificación de los impactos, que son positivos como negativos, que pueden generar la fabricación de un producto o de alguna operación. Una vez identificados los impactos ambientales que pueda generar se sugieren las acciones de mitigación y compensación que ayudan a alcanzar un balance positivo con los recursos que utiliza el proyecto. (Futuros, sf )

Cualquier proyecto que contribuya al plan de desarrollo de Costa Rica, tiene como requisito llenar los formularios D2 y D1 requeridos por SETENA con el fin de obtener su viabilidad ambiental. La Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA) es el ente gubernamental

encargado de revisar y dar el visto bueno al cumplimiento de las exigencias ambientales determinadas según el tipo de proyecto y su grado de impacto. (Consultoría Integral S.A, 2016)

## **2.6 Análisis social**

Un estudio de impacto social está basado en la caracterización, evaluación, seguimiento y gestión de las consecuencias y riesgos sociales de un proyecto sobre su entorno socio económico.

La evaluación de los impactos sociales permite identificar los posibles impactos negativos de un proyecto para anticiparlos, mitigar sus efectos y maximizar sus impactos positivos. Iniciando un proceso participativo, el estudio de impacto permite elaborar soluciones que respetan las obligaciones legales y consideran las especificidades locales. El estudio de impacto social es, por lo tanto, una herramienta operativa a partir de la cual se pueden definir estrategias de desarrollo sostenible e inclusivo en las áreas de influencia de los proyectos. (INSUCO, 2019)

## **CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA**

### **3.1 Recolección de datos**

A continuación, se mencionan las practicas que se necesitaron realizar en el campo como en laboratorio para la ejecución de este proyecto.

#### **3.1.1 Reconocimiento del proyecto**

Se procedió realizó una visita al lugar, para conocer el punto de ubicación en el cual se va encontrar la ejecución del proyecto, con la finalidad de realizar una inspección del terreno para tener un panorama claro de las posibles expectativas que se pueden lograr generar, con el diseño del riego como también conocer las necesidades y disposiciones del propietario.

#### **3.1.2 Levantamiento topográfico**

En primera instancia se realizó una inspección del terreno en su totalidad para conocer previamente de las condiciones en la que se encuentra el relieve del terreno.

##### **Materiales:**

1. GPS
2. RTK
3. Trípode y bastón
4. Estacas
5. Mazo

Se llevó a cabo un recorrido dentro del terreno de la finca con el dispositivo RTK con el fin de hacer un reconocimiento de los linderos de la finca como de la topografía por la que está conformada. Se utilizó al software civilCAD y el programa quantum GIS para su proceso de digitalización y análisis.

#### **3.1.3 Textura**

Se tomaron cuatro muestras de suelo en distintos lugares ubicados dentro de la finca a los cuales se les procedió a tomar el punto con el GPS. Estas muestras se llevaron al laboratorio de suelos de la escuela de Ingeniería Agrícola, se procedió a colocar las muestras en recipientes de aluminio para ingresarlos al horno a una temperatura de 105 °C durante un periodo de 24 horas. Luego de secar el suelo bajo las condiciones descritas, se pesaron 40 g de suelo seco de cada una de las muestras las cuales se maceraron y se pasó a través de un tamiz de 2mm. Posterior a este proceso

se trasvasaron al vaso agitador al cual se agregó 250 ml de agua destilada y 15 ml de hexametáfosfato, se procedió a batir las muestras durante 15 minutos, luego se volvió a trasvasar cada una de las muestras a un cilindro de bouyoucos, al cual se ingresó el hidrómetro agregándose agua destilada hasta la marca de 1 litro, se sacó el hidrómetro y se procedió a agitar la suspensión fuertemente hasta lograr una mezcla uniforme, después se sumergió el hidrómetro y a los 40 segundos se procedió a tomar la primera lectura al igual que la temperatura. Se procedió a anotar los valores tomados en la libreta. Luego se lavó y se secó el hidrómetro para después de 2 horas transcurridas de la última medición tomar una nueva otra lectura con el hidrómetro y termómetro.

Se procedió a aplicar una corrección a las lecturas y se agregó 0,3 a las lecturas realizadas por cada grado arriba de 19,4 °C. Con las lecturas corregidas se procedió a determinar el porcentaje de materia en suspensión con las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ materia en suspensión} = \frac{\text{lec. corregida } 40 \text{ s}}{\text{peso de muestra}} \times 100 \text{ ...ecuación 1}$$

$$\% \text{ arenas totales} = 100 - \% \text{ materia en suspensión ...ecuación 2}$$

$$\% \text{ arcilla coloidal} = \frac{\text{lec. corregida } 2 \text{ h}}{\text{peso de muestra}} \times 100 \text{ ...ecuación 3}$$

$$\% \text{ limos} = 100 - (\% \text{ de arenas} + \% \text{ de arcillas}) \text{ ...ecuación 4}$$

Con los valores porcentuales de arena, arcilla y limos se determinó la textura de cada una de las muestras con el triángulo de textura trazando líneas perpendiculares a las líneas por las que compone el triángulo de acuerdo con los porcentajes obtenidos de arena, arcilla y limo y en el punto donde se intersecaron las tres líneas determinaron la textura que está compuesta el suelo.

### **3.1.4 Contenido de humedad en el suelo**

#### **Materiales**

1. Mazo
2. Cilindros PVC
3. Anillos PVC

4. Tablas
5. Regla de madera.
6. Horno 105°C
7. Mufla 445 °C
8. Balanza
9. Desecadores: Recipientes, a prueba de moho, de metal, porcelana, vidrio o recubiertos de plástico.
10. Suministros misceláneos como guantes de asbesto, pinzas, espátula, y otros

Estas muestras se extrajeron del suelo para determinar porcentaje de humedad en el suelo, de igual manera se tomaron cuatro muestras de cada uno de los parámetros que se desean estudiar.

Para determinar el porcentaje de humedad del suelo inicialmente se procedió con las ollas de Richards en el laboratorio de suelos de la Escuela de Ingeniería Agrícola. Se procedió a realizar un rastreo de muestras en toda la finca para obtener el valor de capacidad de campo y punto de marchitez permanente dichas muestras se colocaron en la olla de Richards a 0,33 atm (CC) y 15 atm (PMP), durante cuatro semanas, luego fueron pesadas y llevadas al horno a 105 °C durante 24 horas, finalmente se pesaron nuevamente y por diferencia de pesos se estableció el porcentaje de humedad.

Para obtener el valor de capacidad de campo y punto de marchites permanente mediante las ollas de Richards se utilizaron siguientes ecuaciones en su respectivo orden.

$$CC = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} \times 100 \dots \text{ecuación 5}$$

$$PMP = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} \times 100 \dots \text{ecuación 6}$$

Donde:

CC: capacidad de campo, en porcentaje con base en suelo seco%

PMP: punto de marchites permanente en porcentaje con base en suelo seco%

Psh: peso suelo húmedo, en g

Pss: peso suelo seco, en g

Posterior al proceso, los resultados obtenidos con las ollas se encontraban fuera de los rangos que la literatura postula por tanto se procedió a realizar otra metodología para determinar el porcentaje de humedad que compone el suelo.

### **3.1.5 Porcentaje de humedad del suelo**

Para iniciar con esta nueva metodología se tomaron nuevas muestras de suelo y llevadas a laboratorio de edafología de la escuela de Ingeniería Agrícola. Las muestras fueron saturadas en un periodo de 24 horas en un recipiente contenido con agua que no sobrepasara la altura de las muestras. Posteriormente durante un periodo de 24 horas se pasó a realiza en lasos de tiempos de 2, 10, 30, 60 y 120 minutos el registro del peso de cada una de las muestras hasta que se observó que las pérdidas de peso eran casi nulas y por último se introdujo al horno de 105 °C por 24 horas. Para este análisis se realizó la curva de drenaje en la cual se utilizó la siguiente ecuación utilizando el peso de la muestra en el transcurso del tiempo:

$$H\% = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} \times 100 \dots \text{ecuación 7}$$

Donde:

H %: porcentaje de humedad del suelo.

Psh: peso suelo húmedo, en g

Pss: peso suelo seco, en g

### **3.1.6 Densidad aparente**

Para esta prueba se tomaron las muestras indisturbadas en cilindros PVC en el terreno en estudio a 20 cm de profundidad, se trasladaron las muestras al laboratorio de suelos de la escuela de Ingeniería Agrícola y se ingresaron al horno a 105 °C durante 24 horas continuas. Posterior se pesó el suelo seco y se tomaron las dimensiones correspondientes de los cilindros (diámetro y altura). La densidad aparente se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Da = \frac{P_{ss}}{V_t} \dots \text{ecuación 8}$$

Donde:

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

Pss: Peso del suelo seco (g)

Vt: Volumen del cilindro (cm<sup>3</sup>)

### 3.1.7 Evapotranspiración

En el caso de del riego por goteo se realiza una corrección de la evapotranspiración que corresponde a la fracción del área sombreada del cultivo que relaciona el diámetro de sombreo que tiene el cultivo y el área total cultivada con las siguientes ecuaciones:

$$k_1 = A + 0,5 X (1-A) \dots \text{ecuación 9}$$

$$k_2 = 1,34 X A \dots \text{ecuación 10}$$

$$k_3 = 0,1 X A \dots \text{ecuación 11}$$

Donde:

A: área sombreada /área total.

k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>3</sub>: coeficiente de localización

Se procede a realizar el promedio de los coeficientes de localización que produce el área sombreada por el cultivo con la sucesiva ecuación:

$$K_1 = \frac{k_1+k_2+k_3}{3} \dots \text{ecuación 12}$$

Donde

K<sub>1</sub>: coeficiente de localización promediado, corresponde a la fracción del área sombreada al estar el sol perpendicular al cultivo.

Por medio de los softwares Climwat y Cropwat se obtienen los datos de evapotranspiración potencial de la estación de Pacayas por ser la más cercana al lugar en estudio y el valor del coeficiente de cultivo (kc) según la FAO. Se calculó la evapotranspiración real por la siguiente ecuación:

$$ETr = ETo \times Kc \dots \text{ecuación 13}$$

$$ETrg = ETr \times K1 \dots \text{ecuación 14}$$

Donde:



ETr: evapotranspiración real (mm/día).

ETo: evapotranspiración potencial(mm/día).

ETrg: evapotranspiración real corregida (mm/día).

Kc: coeficiente de cultivo.

### **3.1.8 Materia orgánica**

Con respecto a esta prueba se procedió a llevar las muestras de ½ kg ante el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica (CIA) para la determinación de la Materia orgánica ubicado en la ciudad de la investigación en el laboratorio de suelos y foliares. El resultado del ensayo que se emitió corresponde al porcentaje de carbono (C) y nitrógeno (N) determinado con el autoanalizado de C/N por combustión seca. Para la estimación del porcentaje de materia orgánica (% MO) se realiza a partir del dato del porcentaje de carbono con la siguiente ecuación:

$$MO = \% C \times 1,43 \dots \text{ecuación 15}$$

Donde:

MO: materia orgánica

% C: porcentaje de carbono

## **3.2 DISEÑO**

### **3.2.1 Diseño agronómico**

Para iniciar en esta sección se procede a seleccionar un emisor de agua que logre cumplir con los requerimientos de diseño como también con las cualidades con las que cuenta el suelo para lograr una mayor eficiencia del sistema en sí.

Para el cálculo del PAR en cuanto al cultivo del chile y el tomate fue necesario el uso de la tabla que se encuentra en la Figura 2 el cual es necesario conocer el caudal del gotero, el tipo de textura el espaciamiento entre los goteros, se procedió a hacer la lectura del porcentaje de humedecimiento para el riego por una hilera.

En cuanto el (PAR) para el Chayote, se utilizó laterales con goteros alrededor de la planta, donde la distancia entre los puntos de emisión (Sep), debe ser igual al valor de espaciamiento entre goteros recomendado en el Figura 2 para determinada descarga de gotero y tipo de suelo y de esta

manera evitar dejar manchas secas aisladas y a través de la ecuación siguiente se determinó el porcentaje de suelo humedecido:

$$PAR = \frac{100 \times n \times Sep \times sw}{St \times Sr} \dots \text{ecuación 16}$$

Donde:

n: número de puntos de emisión.

Sw : es el espaciamiento entre laterales que se tendría para una determina descarga y tipo de suelo que de un PAR de 100%.

Sep : espaciamiento recomendado para determinado tipo de suelo y descarga.

St : espaciamiento entre planta.

Sr: espaciamiento entre hileras.

Para determinar el porcentaje de agotamiento se procedió el cálculo con la ecuación 17 y ecuación 18

$$Ln = Fr \times Etrg \dots \text{ecuación 17}$$

Donde:

Ln: lamina neta (mm)

Fr: frecuencia riego (días)

Etrg: evapotranspiración corregida (mm/día).

$$Ag = \frac{Ln}{PAR \times Prof \times Pe \times \%Hu} \dots \text{ecuación 18}$$

Donde:

Ag: agotamiento.

Pe: peso específico aparente del suelo ( $\text{g/cm}^3$ ).

Prof: Profundidad radicular (mm).

PAR: Porcentaje de humedecimiento del suelo (decimal).

%H u: Humedad útil (decimales).

### **Cálculo de la lámina de riego**

Se determinó la lámina neta de riego utilizando la siguiente ecuación:

$$Ln = \frac{CC-PMP}{100} * Pe * Prof * Ag * PAR...Ecuación 19$$

Dónde:

Ln: Lámina neta (mm).

CC: Capacidad de campo (%).

PMP: Punto de marchitez permanente (%).

Pe: peso específico aparente del suelo (g/cm<sup>3</sup>).

Prof: Profundidad radicular (mm).

Ag: Agotamiento permitido (decimal).

PAR: Porcentaje de humedecimiento del suelo (decimal).

### **Cálculo de frecuencia de riego**

Se calculó la frecuencia de riego para determinar cada cuanto tiempo aplicar la lámina requerida de riego con la ecuación que se expresa como:

$$Fr = \frac{Ln}{Etrg} ...Ecuación 20$$

Dónde:

Fr: Frecuencia de riego (días).

Ln: Lámina neta (mm).

Etr g: Evapotranspiración real del cultivo (mm/día).

Se redondeó la frecuencia a un número entero en caso de obtener un valor con decimales y se recalculó nuevamente la lámina neta, en función de la nueva frecuencia y la evaporación real del cultivo.

### **Lamina neta recalculada**

La lamina recalculada se aplica la siguiente ecuación:

$$Lnc = Fr * Etr \text{ g...Ecuación 21}$$

Dónde: Fr: Frecuencia de riego recalculado (días)

Ln: Lámina neta (mm).

Etr g: Evapotranspiración real del cultivo (mm/día).

### **Cálculo de eficiencia**

De acuerdo con Villalobos (2014) el coeficiente de uniformidad es un valor brindado por el fabricante y es característico de cada manguera, mientras que para determinar la relación de transpiración se utilizó el Anexo 1 con la textura media y la profundidad radicular con la siguiente expresión:

$$Ef = Cu \times Tr \text{...Ecuación 22}$$

Donde:

Ef: eficiencia de aplicación

Cu: coeficiente de uniformidad

Tr: relación de transpiración

### **Cálculo de lámina bruta**

A partir de del valor de la lámina neta se determina la lámina bruta se calcula con la siguiente ecuación.

$$Lb = \frac{Ln}{Efaf} \text{...Ecuación 23}$$

Dónde: Lb: Lámina bruta (mm).

Ln: Lámina neta (mm).

Ef: Eficiencia de aplicación (decimal).

### **Área efectiva**

Esta es el área bajo el cual finalmente va a estar bajo la influencia del riego en el chile -tomate y chayote, su cálculo respectivo se realizó con las siguientes ecuaciones:

$A_{ef} = E_a \times D_{pl}$  ...ecuación 24

$$A_{ef} = \frac{D_{pl}^2 \times \pi}{4} \dots \text{ecuación 25}$$

Donde:

$A_{ef}$ : área efectiva ( $m^2$ .)

$E_a$  : espaciamiento entre planta (m)

$D_{pl}$ : diámetro de la planta.

### **Cálculo de tiempo de riego**

El tiempo de riego se determinó con la siguiente ecuación para conocer el equivalente a las horas que se requiere mantener en uso el riego:

$$T_{ri} = \frac{A_{ef} \times L_b}{q_{got}} \dots \text{Ecuación 26}$$

Dónde:

$T_{ri}$ : Tiempo de riego (h)

$A_{ef}$ : área efectiva ( $m^2$ ).

$L_b$ : lamina bruta (m).

$q_{got}$ : caudal gotero ( $m^3/h$ ).

### **Caudal del sistema**

Se determinó el caudal del sistema para cada uno de los lotes con la siguiente relación:

$$Q_{sit} = \#got \text{ totales} \times q_{got} \dots \text{Ecuación 27}$$

Dónde:  $Q_{sit}$ : Caudal del sistema ( $m^3/h$ ).

$\#got$ : cantidad de goteros totales.

$q_{got}$ : caudal gotero ( $m^3/h$ ).

### **3.2.2 Diseño Hidráulico**

El primer paso para realizar el diseño hidráulico es definir el trazo y el trayecto de la tubería que se desea diseñar, conociendo esto y las necesidades de presión y caudal en el punto de descarga de la tubería se procede a calcular las pérdidas de energía por fricción. Mediante el levantamiento

topográfico se determinaron las pendientes y cotas del terreno para poder realizar el diseño de laterales, múltiple y tubería principal.

### **Diseño del lateral**

A continuación, se muestra el procedimiento utilizado para determinar los requerimientos del lateral, aclarar que en el caso de chile y el tomate se utiliza una cinta de goteo y para el chayote la aplicación de goteros autocompensados

### **Cálculo de longitud de lateral**

Ubicando el primero gotero a EA/2 se obtuvo la longitud de lateral de la siguiente forma se procede su cálculo:

$$L \text{ lat} = (N \text{ got} - 1) * EA + \frac{EA}{2} \dots \text{Ecuación 28}$$

Dónde: L lat: Longitud de lateral (m).

N got: Número de goteros.

EA: Espaciamiento entre goteros (m).

### **Cálculo del número de goteros**

Se determinó el número de goteros de lateral mediante la siguiente ecuación:

$$N \text{ got} = \frac{L}{\text{Espaciamiento entre goteros}} \dots \text{Ecuación 29}$$

Dónde: N got: Número de goteros (adimensional).

L: Longitud de terreno determinada mediante el levantamiento topográfico (m).

Espaciamiento entre goteros: Valor dado por el fabricante (m).

### **Cálculo del caudal del lateral**

El caudal del lateral parte de la cantidad de goteros por los que se encuentra constituido el lateral por su respectivo caudal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Q \text{ Lat} = N \text{ got} * q \text{ got} \dots \text{Ecuación 30}$$

Dónde: Q lat: Caudal del lateral (m<sup>3</sup>/h).

N got: Número de goteros.

q got: Obtenido comercialmente (m<sup>3</sup>/h).

### Factor f de salidas

A las líneas que contiene emisores de agua se les aplica un factor f de Christiansen para compensar las salidas múltiples de las líneas de distribución estos valores de f pueden obtener del anexo 2.

### Cálculo de diámetro

Para el diseño de la tubería del lateral se infiere el diámetro mediante la siguiente ecuación, la cual emite un valor teórico que en pocas ocasiones concuerda con los diámetros comerciales. Posterior a esto y los siguientes cálculos se debe de utilizar el diámetro comercial más cercano posible para calcular las pérdidas que logre satisfacer el diseño:

$$D = \left( \frac{(1.131 \times 10^9 \times Q^{1.852} \times L \times f)}{h_f \times C^{1.852}} \right)^{\frac{1}{4.872}} \dots \text{ecuación 31}$$

Donde:

Q: Caudal en la tubería (m<sup>3</sup>/h).

D: Diámetro interno de la tubería (mm).

C: Coeficiente de Hazen Williams. Según el tipo de material de la tubería.

L: Longitud de la tubería (m).

f: Valor dado por fabricante (Adimensional).

Hf: Pérdida por fricción en (m).

Por otra parte, se corrobora la velocidad de flujo en la tubería mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{Q}{\pi \times \frac{D^2}{4}} \dots \text{ecuación 32}$$

Donde:

V: velocidad (m/s).

Q: caudal (m<sup>3</sup>/s).

D: diámetro tubería (m)

### Cálculo de pérdidas por fricción

La utilizada es la de Hazen Williams, que toma en cuenta los parámetros de caudal, material de la tubería, diámetro de la tubería y la longitud de esta. A continuación, la ecuación utilizada:

$$Hf = 1,131 \times 10^9 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * D^{-4,872} * L * f \dots \text{Ecuación 33}$$

Dónde: Hf: Pérdida por fricción en (m).

Q: Caudal en la tubería (m<sup>3</sup>/h).

D: Diámetro interno de la tubería (mm).

C: Coeficiente de Hazen Williams. Según el tipo de material de la tubería.

L: Longitud de la tubería (m).

f: Valor dado por fabricante (Adimensional).

### **Diseño de múltiple**

#### **Cálculo de longitud de múltiple**

El cálculo de la longitud de la múltiple se realizó con ayuda de los planos a partir del espaciamiento respectivo de cada uno de los cultivos.

#### **Cálculo del caudal en la múltiple**

Este caudal se determina sumando cada uno de los caudales que transporta los laterales como se expresa en la siguiente ecuación.

$$Q_{mul} = q_{lat} \times n_{lat} \dots \text{Ecuación 34}$$

Dónde:

Q mul: Caudal de la múltiple (m<sup>3</sup>/h).

n lat: Número de laterales.

q lat: Caudal del lateral (m<sup>3</sup>/h).

#### **Cálculo de presiones**

Cuando se realiza un diseño de riego se deben de tener como consideración la presión que hay en el punto más lejano de los laterales, así mismo la presión a la entrada del lateral.



### **Presión a la entrada de lateral**

La presión a la entrada del lateral se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$P_e = P_o + 0.77 \times h_{fl} \pm 0.23 \Delta Z \dots \text{Ecuación 35}$$

Dónde:  $P_e$ : Presión a la entrada del lateral (mca).

$P_o$ : Presión de operación de trabajo (mca).

$h_{fl}$  = Pérdidas por fricción en el lateral (m).

$\Delta Z$ : Diferencia de altura entre el primer y el último gotero (m).

### **Presión en la múltiple**

La presión en la múltiple se determinó de la siguiente manera:

$$P_m = P_e + 0.77 \times h_{fm} \pm 0.23 \Delta Z \dots \text{Ecuación 36}$$

Dónde:  $P_m$ : Presión en la múltiple (mca).

$P_e$ : Presión a la entrada del lateral (mca).

$h_{fm}$ : Pérdidas por fricción en la múltiple (m).

$\Delta Z$ : Diferencia de altura entre el inicio y final de la múltiple (m).

### **Presión distal**

La presión distal se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$P_d = P_e - h_{fl} \pm \Delta Z \dots \text{Ecuación 37}$$

Dónde:  $P_d$ : Presión distal (mca).

$P_e$ : Presión a la entrada del lateral (mca).

$H_{fl}$ : Pérdidas por fricción en el lateral (m).

$\Delta Z$ : Diferencia de altura total (m).

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

La tubería principal va a conducir el caudal requerido en la múltiple, el caudal de la tubería principal depende en gran medida de si se va a regar de forma simultanea o no debido a que en algunos casos el caudal se divide, pero el caudal de la tubería principal es el caudal que abastece todo el sistema de riego.

### **Cálculo de longitud de tubería principal**

La longitud de la tubería principal fue obtenida mediante la herramienta de medición de Quantum Gis. La longitud de dicha tubería abarca desde la toma de agua hasta el punto de distribución.

### **Cálculo de diámetro**

El diámetro de la principal se obtuvo mediante el método de velocidad permisible calculada mediante la siguiente expresión:

$$D = \sqrt{\frac{4*Q}{\pi*V}} \dots \text{Ecuación 38}$$

Dónde:

D: Diámetro teórico (m).

Q: Caudal de la múltiple (m<sup>3</sup>/s).

V: Velocidad permisible (0,6-3 m/s).

De igual manera con la obtención del diámetro teórico se procede a obtener el diámetro real (Anexo 1) después de obtenido el diámetro real se procede a recalcular las pérdidas por fricción reales.

### **Carga dinámica total**

Se debe conocer la carga dinámica total, que es la suma de la carga requerida a la salida de la tubería y las pérdidas de energía por fricción que se deben vencer a lo largo de la tubería.

$$CDT = Pm + hfp + (Pm + hfp) \times 0,05 + hf \text{ filtro} \pm \Delta Z \dots \text{Ecuación 39}$$

Donde:

CDT: carga dinámica (mca)

Pm: presión múltiple(mca).

Hfp: perdidas tubería principal (mca).

Hf filtro: perdidas filtro (mca).

El valor de la expresión (Pm + hfp) x 0,05 representa las perdidas secundarias (mca).

### 3.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

#### Balance económico

Se realizó un cuadro en programa Excel para agilizar el análisis. Se identificó las actividades propias del proyecto, aquellas que generen ingresos y egresos; permitiendo estimar un balance aproximado de costo/beneficio del funcionamiento del proyecto. En donde se maneja los conceptos necesarios:

- a. Inversión inicial: desembolso que se realizaran al inicio del proyecto.
- b. Flujo de caja: son los flujos que resultan de restar los egresos de los ingresos generados en cada cosecha.
- c. Valor residual: es el valor económico estimado de todos los activos al final del horizonte de planeamiento del proyecto.
- d. Horizonte de planeamiento: es el número de años para los cuales se proyectan los flujos de caja. (OBS, 2018)

#### Cálculo del VAN y TIR

Por lo tanto, se consultó los precios de los materiales a utilizar, que son requeridos para la construcción del sistema de riego. Seguido se procedió a analizar si la inversión del proyecto es viable se utilizaron indicadores financieros y análisis financiero los cuales consisten en el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de rentabilidad (TIR).

El valor actual neto indica los rendimientos esperados en el proyecto, para obtener este valor se utilizó la herramienta de Excel que utiliza la función VNA (tasa; flujo de fondos futuro) para su determinación la inversión inicial el mismo se calcula con:

$$VAN = -I_0 + \sum_1^n \frac{F_t}{(1+i)^n} \dots \text{Ecuación 40}$$

Donde:

VAN: Valor actual neto (€)

I<sub>0</sub>: Inversión Inicial (€)

F<sub>t</sub>: Flujo total efectivo (€)

n: Años de vida útil del proyecto.

Seguido se calculó la tasa interna de rentabilidad, Para la Tasa Interna de Retorno (TIR), se utilizó la función TIR de la herramienta Excel, este es un proceso de iteraciones sucesivas, que

corresponde a la sucesiva ecuación. Para el cálculo del TIR usó los saldos mensuales del proyecto en la etapa de funcionamiento el mes cero.

$$0 = -I_0 + \sum_1^n \frac{F_t}{(1+TIR)^n} \dots (34) \dots \text{Ecuación 41}$$

Donde:

TIR: Tasa Interna de Rentabilidad (%)

$I_0$ : Inversión Inicial (€)

$F_t$ : Flujo total efectivo (€)

$n$ : Años de vida útil del proyecto.

Además, se realizó un estado de resultados el cual refleja las pérdidas y las ganancias en el periodo, en este caso del presente proyecto se trata del periodo de vida útil del material.

Después se analizó el flujo de efectivo el cual corresponde al informe de entradas y salidas de efectivo durante el periodo, de igual forma se trata del periodo de instalación, es decir corresponde a las inversiones iniciales a realizar.

### **Periodo de recuperación**

Una vez calculado el flujo de efectivo netos anuales y los acumulados se procedió a realizar el cálculo del periodo de recuperación del proyecto con la ecuación que se menciona a continuación, donde se debe considerar el último valor negativo presente en el flujo acumulado sobre el valor del flujo efectivo neto del siguiente periodo, a esto sumándole el año donde se presentó el último valor de flujo neto acumulado.

$$Pr = \frac{-F_{netocum}}{F_{netoefectivo}} + n \dots \dots \text{Ecuación 42}$$

Donde:

Pr: Período de recuperación (años)

$F_{netocum}$ : Flujo neto acumulado (€)

$F_{netoefectivo}$ : Flujo neto efectivo (€)

$n$ : Año donde se da el último flujo neto acumulado negativo

### 3.4 ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

Se realizó una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) para determinar la viabilidad ambiental del proyecto mediante el formulario D1 de la Secretaria Técnica Nacional Ambiental de Costa Rica (SETENA) que se encuentra en la plataforma digital en el sitio en línea de SETENA, este formulario permite la evaluación de todos los aspectos ambientales que giran en torno a este proyecto. El formulario se encuentra constituido por los siguientes conceptos

1. Introducción.
2. Información General, como Consumo/Afectación (agua, suelo, energía).
3. Impacto en aire, agua, suelo y humano.
4. Otros riesgos.
5. Criterios de Ponderación

En el siguiente cuadro se describe las notas establecidas por SETENA para determinar la clasificación del proyecto.

Cuadro 2. Clasificación del proyecto en función de los criterios de ponderación establecido por SETENA.

Tipo	Nota	Procedimiento
<b>A</b>	Mayor a 1000	Estudio de Impacto Ambiental
<b>B1</b>	Mayor a 300 y menor a 1000	Pronóstico y Plan de Gestión Ambiental
<b>B2</b>	Menor a 300	Declaración Jurada de Compromisos Ambientales

### 3.5 ANÁLISIS DE IMPACTO SOCIAL

En cuanto al impacto social que puede producir la elaboración de este proyecto se basó en la metodología para la evaluación de impacto social que es desarrollada por la empresa GreenMomentum S.A.P.I de C.V. la cual es avalada por la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable. Esta metodología se basa en un cuestionario que se encontrar anexo 22 y una matriz en el anexo 23.

La Matriz deberá realizarse de acuerdo con las instrucciones del Cuestionario para la Identificación y Evaluación de Impactos Sociales incluido en la Metodología para la Evaluación de Impactos Sociales y ser congruente con el proyecto que se propone.

## **CAPITULO 4 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## 4.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se llevará a cabo en los alrededores del distrito de Santiago perteneciente al cantón de Paraíso en la provincia de Cartago. en finca Altos del Valle en la Figura 3 en la que se desarrollara el proyecto. Ha sido una propiedad que se ha dedicado a las labores agrícolas en productos tradicionales de la zona.



Figura 3. Ubicación de la finca Altos del Valle. Elaborado con Quantum GIS.

El área que se encuentra delimitada por la línea en el mapa corresponde al lindero de la propiedad, con una superficie de cuatro hectáreas en las cuales se desarrollará el sistema de riego para los cultivos de chayote, chile y tomate.

## 4.2 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Con el equipo de RTK de la institución se realizó el levantamiento topográfico de la finca. Con el programa de Civil 3D se procedió a la digitalización de los puntos levantados, este programa genera las curvas de nivel y se realizó un plano con las curvas de nivel como se muestra en la Figura 4. En este plano las curvas de nivel están separadas cada 1 m para lograr realizar un mayor estudio del comportamiento del terreno, las líneas verdes son curvas separadas cada 5m.

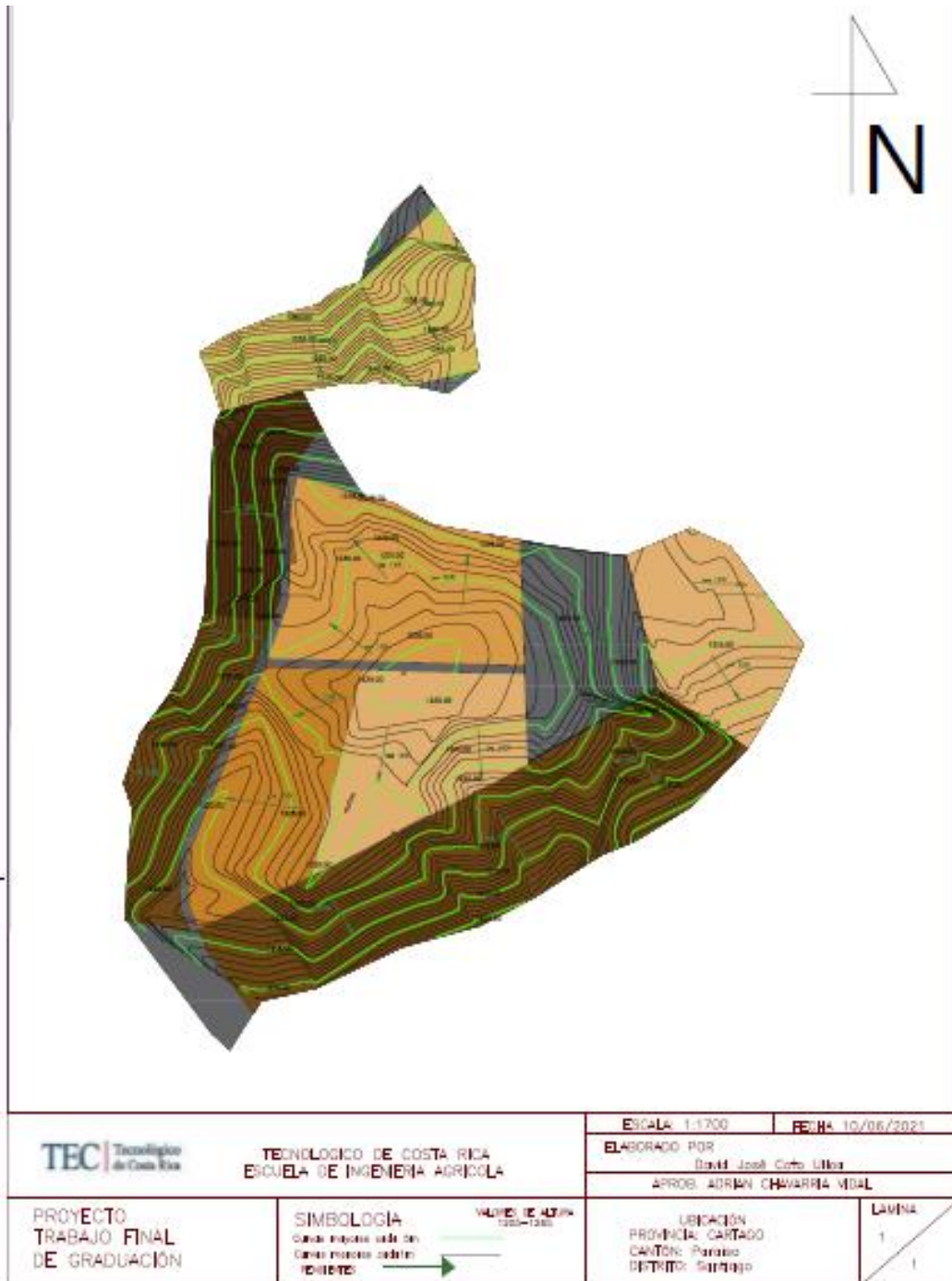


Figura 4. Mapa de curvas de nivel y pendiente de la propiedad. Elaborado con Civil 3D.

Con este despliegue de curvas se determinó las pendientes que caracterizan el lugar el cual se compone por varios tipos de pendientes que van desde el 10% hasta 56%.

Por medio de este mapa logramos entender el relieve por el cual está compuesto el terreno para así realizar el diseño tecnificado.



### 4.3 SUELO

El suelo en estudio ha sido tratado a lo largo del tiempo con la reposición de compost varias veces al año con el fin de lograr mantener un adecuado equilibrio en las propiedades del suelo como también un mayor aporte nutricional de las plantas.

Sin embargo, ese aporte de materia orgánica en el suelo a alterado beneficiosamente los valores que en comparación en la literatura se puede encontrar, ya que las ventajas provenientes de este producto a logrado mejorar la composición del suelo.

#### Textura

En el Cuadro 3 se pueden observar las texturas obtenidas mediante la metodología de Bouyoucos utilizando las ecuaciones 2, 3 y 4 se determinaron los porcentajes de arena, limo y arcilla correspondiente

Cuadro 3. Texturas del área en estudio.

Textura					
Muestra	Material suspensión	Arena	Arcilla	Limo	Textura
1	64,14	35,86	29,14	35,00	Franco arcillo
2	49,14	50,86	16,64	32,50	Franco
3	51,64	48,36	24,14	27,50	Franco
4	54,14	45,86	24,14	30,00	Franco

El cuadro anterior corresponde a la descripción de textura por la que está compuesta la finca por medio del triángulo de texturas. Y como se muestra, la mayor parte del área es de textura franco y una menor cantidad en franco arcilloso.

### 4.4 CONTENIDO HÍDRICO

Para determinar el contenido de humedad del suelo se realizó un muestreo en diferentes lugares en el terreno para lograr recolectar mayor diversificación de resultados. Inicialmente los resultados obtenidos de las ollas no fueron funcionales por lo que se procedió a la determinación del porcentaje de humedad mediante la confesión de la curva de drenaje.

A través de la curva de drenaje podemos realizar el estudio necesario para obtener el comportamiento de humedad del tipo de suelo en estudio. En los anexos 3, 4, 5 y 6 se pueden observar los valores calculados por diferentes conceptos de las muestras de suelos que se tomaron, en la última columna se puede ver los valores porcentuales de la humedad obtenidos a partir de la ecuación 7 con base en suelo seco de la muestra.

De estos resultados se pasó a graficar los valores de humedad en los anexos 7, 8, 9 y 10 para realizar el análisis respectivo. La curva de drenaje se encuentra compuesta por tres diferentes estados que refleja el comportamiento de la pérdida de agua en el transcurso del tiempo. A partir del suelo saturado, en los primeros minutos donde se coloca a drenar el suelo, por efecto de la gravedad el contenido en agua comienza a descender de los poros de mayor tamaño los cuales se van ocupando por aire esta parte del drenaje se denomina drenaje rápido y el agua en esta zona no es aprovechable para la planta. El drenaje continuó y se llegó a un punto donde el suelo no perdió más agua y es que aquellos poros más pequeños retuvieron el agua en contra de la fuerza de gravedad siendo este estado el drenaje moderadamente lento donde las plantas pueden utilizar el agua para cumplir con sus funciones. El drenaje siguió y el contenido de agua sigue bajando y esa capa de agua que rodea las partículas se fue adelgazando cada vez por la evaporación y otros factores que hacen más difícil la absorción de del agua por las raíces este punto será el drenaje lento.

Los gráficos indican que en cada una de las faces citadas hacen un cambio en su pendiente el cual las caracteriza, en estos cambios podemos analizar que corresponden a capacidad de campo y punto de marchites permanente. Corresponde a capacidad de campo al último punto de del drenaje rápido y el punto de marchites permanente como el punto final del drenaje moderadamente lento. La diferencia entre estos dos puntos es el porcentaje de humedad disponible en el suelo para la planta.

En el siguiente cuadro se muestra el valor que se obtuvo del porcentaje de humedad útil por cada muestra y finalmente se promedió el valor.

Cuadro 4. Porcentaje de humedad.

Porcentaje de humedad útil (Hu %)	
Muestra 1	0,12
Muestra 2	0,12
Muestra 3	0,13
Muestra 4	0,14
Promedio	0,13

Como se puede observar los valores son muy similares por lo que el suelo ha estado sometido a equivalentes condiciones de trabajo y el valor del porcentaje de humedad útil (Hu%) es de 13%.

Respecto a la densidad del suelo se procedió a la recolección de las muestras aleatoriamente dentro de finca Altos del Valle a una profundidad de 20 cm con la ecuación 8 para los cuales se obtuvieron los valores que se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Densidad aparente.

Muestra	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
Muestra 1	0,58
Muestra 2	0,62
Muestra 3	0,65
Muestra 4	0,59
Promedio	0,61

El valor aquí presentado se encuentra por debajo de los valores que comúnmente pueden presentar estos suelos; mas sin embargo el aporte de materia orgánica que se le asiste a estos suelos es el ente que altero los valores. Para conocer el porcentaje de materia orgánica que está compuesto el suelo se utilizó la ecuación 15 que relaciona el porcentaje de carbono de los suelos con la materia orgánica obteniendo como resultado un 18,37% a partir de los resultados emitidos por el CIA del análisis químico del laboratorio de suelos y foliares, en el anexo 11 se muestra los resultados emitidos por el laboratorio.

El valor de la evapotranspiración potencial (Eto) se obtuvo a través del programa Cropwat y Climwat de la FAO, ver Anexo 12, para este se utilizó la estación meteorológica más cercana, dando como resultado la estación de Pacayas, se utilizó el valor más alto (Eto) para realizar los cálculos y suplir la condición más crítica durante el año el cual fue de 3.04 mm/día.

Para obtener la evapotranspiración real (Etr) se utilizó el valor anterior de evapotranspiración potencial y los valores de kc sugeridos por la FAO, anexo 13, para cada cultivo utilizando la ecuación 13, luego se corrigió mediante el coeficiente de localización promediado ( $k_{promedio}$ ) en los que se utilizaron las ecuaciones 9, 10, 11, 12 y 14 la evapotranspiración real corregida; en el Cuadro 6 se muestran los resultados.

Cuadro 6 Evapotranspiración del cultivo.

Tomate		Chile		Chayote	
Evapotranspiración potencial -Eto- (mm/día)	3,04	Evapotranspiración potencial -Eto- (mm/día)	3,04	Evapotranspiración potencial -Eto- (mm/día)	3,04
Coefficiente de cultivo $-K_c-$	1,20	Coefficiente de cultivo $K_c$	1,15	Coefficiente de cultivo $K_c$	1,00
Evapotranspiración cultivo. Etc- (mm/día)	3,65	Evapotranspiración cultivo. Etc- (mm/día)	3,49	Evapotranspiración cultivo. Etc- (mm/día)	3,04
Área total (m <sup>2</sup> )	0,16	Área total (m <sup>2</sup> )	0,09	Área total (m <sup>2</sup> )	36,00
Área sombreada (m <sup>2</sup> )	0,12	Área sombreada (m <sup>2</sup> )	0,07	Área sombreada (m <sup>2</sup> )	36,00
Factor de Sombre $A$	0,78	Factor de Sombre $A$	0,78	Factor de Sombre $A$	1,00
Coefficiente localización $k_1$	0,89	Coefficiente localización $k_1$	0,89	Coefficiente localización $k_1$	1,00
Coefficiente localización $k_2$	1,05	Coefficiente localización $k_2$	1,05	Coefficiente localización $k_2$	1,34
Coefficiente localización $k_3$	0,88	Coefficiente localización $k_3$	0,88	Coefficiente localización $k_3$	1,10
Coefficiente localización promedio $k_{promedio}$	0,94	Coefficiente localización promedio $k_{promedio}$	0,94	Coefficiente localización promedio $k_{promedio}$	1,14
Evapotranspiración cultivo corregida -Etcg- (mm/día).	3,44	Evapotranspiración cultivo corregida -Etcg- (mm/día).	3,29	Evapotranspiración cultivo corregida -Etcg- (mm/día).	3,49

Como se menciona la metodología, el área sombreada se mide cuando el sol se encuentra perpendicular a las plantas el cual se obtiene en hora meridiana del día, en el caso del tomate se midió 40 cm para el chile 30 cm y en cuanto el chayote el área sombreada es total.

#### 4.5 DISEÑO AGRONÓMICO

A continuación, se especifica en Cuadro 7 el diseño agronómico correspondiente para el cultivo de tomate, chile y chayote. Estos datos se utilizan para toda la finca ya que el tipo de suelo presente en el todo el terreno son similares como se demostró con las curvas de drenaje elaboradas. Como se visualiza en el anexo 14, el perfil del suelo es homogéneo en los primeros 20 cm incluso abarca una mayor profundidad.

Cuadro 7. Datos agronómicos.

Tomate		Chile		Chayote	
Datos	Valor	Datos	Valor	Datos	Valor
Espaciamiento entre planta (m)	0,40	Espaciamiento entre planta (m)	0,30	Espaciamiento entre planta (m)	6,00
Espaciamiento entre hilera (m)	1,50	Espaciamiento entre hilera (m)	1,50	Espaciamiento entre hilera (m)	6,00
Humedad útil (%)	0,13	Humedad útil (%)	0,13	Humedad útil (%)	0,13
Profundidad raíz -Prof- (mm)	200,00	Profundidad raíz -Prof- (mm)	200,00	Profundidad raíz -Prof- (mm)	200,00
Agotamiento -Ag- (%)	12,00	Agotamiento -Ag- (%)	12,00	Agotamiento -Ag- (%)	53,00
Densidad -Da- (g/cm <sup>3</sup> )	0,61	Densidad -Da- (g/cm <sup>3</sup> )	0,61	Densidad -Da- (g/cm <sup>3</sup> )	0,61

Continuación del cuadro 7.

Tomate		Chile		Chayote	
Datos	Valor	Datos	Valor	Datos	Valor
Porcentaje suelo humedecido <sub>-PAR-</sub>	47,00	Porcentaje suelo humedecido <sub>-PAR-</sub>	47,00	Porcentaje suelo humedecido <sub>-PAR-</sub>	11,11
Lamina neta <sub>-Ln-</sub> (mm)	0,87	Lamina neta <sub>-Ln-</sub> (mm)	0,87	Lamina neta <sub>-Ln-</sub> (mm)	0,91
Evapotranspiración cultivo corregida <sub>-Etcg-</sub> (mm/día).	3,44	Evapotranspiración cultivo corregida <sub>-Etcg-</sub> (mm/día).	3,30	Evapotranspiración cultivo corregida <sub>-Etcg-</sub> (mm/día).	3,49
Frecuencia <sub>-fr-</sub> (día)	0,25	Frecuencia <sub>-fr-</sub> (día)	0,26	Frecuencia <sub>-fr-</sub> (día)	0,26
Lamina neta <sub>-Lnc-</sub> (mm)	0,87	Lamina neta <sub>-Lnc-</sub> (mm)	0,86	Lamina neta <sub>-Lnc-</sub> (mm)	0,91
Eficiencia <sub>-Ef-</sub>	0,86	Eficiencia <sub>-Ef-</sub>	0,86	Eficiencia <sub>-Ef-</sub>	0,91
Coefficiente de uniformidad <sub>-cu-</sub>	96%	Coefficiente de uniformidad <sub>-cu-</sub>	96%	Coefficiente de uniformidad <sub>-cu-</sub>	96%
Relación de transpiración <sub>-tr-</sub>	90%	Relación de transpiración <sub>-tr-</sub>	90%	Relación de transpiración <sub>-tr-</sub>	95%
Lamina bruta <sub>-Lb-</sub> (mm)	1,01	Lamina bruta <sub>-Lb-</sub> (mm)	0,9931	Lamina bruta <sub>-Lb-</sub> (mm)	0,9944

En cuanto a la profundidad de raíces para los cultivos en estudio, se consideró trabajar en la zona más superficial del perfil la cual presenta mayor concentración de raíces que según el Ing. Gil (2007) es donde se encuentra la mayor cantidad de raíces (laterales y vellos absorbentes) que absorben los nutrientes y el agua del suelo para el cultivo.

En cuanto al PAR se utilizó una línea de cinta de riego para el tomate y el chile calculada con la lectura directa en la tabla de la Figura 2 utilizando textura media el espaciamiento de hileras y una caudal inferior a 1,5 l/h y para calcular el PAR del Chayote, se utilizó goteros alrededor de la planta y se calculó con la ecuación 16 se utilizaron 5 goteros por planta.

De acuerdo a las condiciones especiales en la que se encuentra el terreno se procedió a calcular el agotamiento permisible al suelo en estudio en el cual se utilizó la ecuación 17 en el que se empleó el valor del tiempo en el cual se alcanza el punto de marchites permanente para encontrar la lámina neta que se requiere para levantar la humedad a capacidad de campo y con la ecuación 18 se determinó el agotamiento que requiere este suelo para no alcanza el punto de marchites permanente.

La lámina neta se calculó mediante la ecuación 19 en el cual contempla los parámetros que sean caracterizado anteriormente. Por medio de la evapotranspiración real corregida se determina la frecuencia de riego con la ecuación 20 dando una reposición de riego de sucesivas. La lamina neta corregida se determinó utilizando la ecuación 21 La eficiencia con la que aproximadamente se va a operar el sistema se determinó con la ecuación 22 como el producto del coeficiente de

uniformidad y la relación de transpiración y finalmente se determinó con la ecuación 23 la lámina bruta que reponer el equivalente de las pérdidas que necesita la planta con esa frecuencia de riego.

Una vez que se determinó la lámina que se necesita reponer para mantenerse lo más cercano posible de capacidad de campo, se procedió a elegir un el emisor de caudal. Se eligió una cinta de goteo cinta de goteo autocompensado que trabaja en un rango de presiones de los 0,5 bar a los 4 bar y un caudal de 0.7 l/h y un gotero de la marca Netafin autocompensado que trabaja en un rango de presiones igualmente que la cinta de 0,5 bar a los 4 bar y un caudal de 2 l/h, las especificaciones técnicas se encuentra en el anexo 15 y 16.

En el siguiente cuadro se menciona el caudal y separación entre goteros. La determinación del tiempo riego fue mediante la ecuación 24, 25 y 26 que involucra el área efectiva bajo el cual va a estar el riego con la lámina bruta aplicando el caudal del emisor.

Cuadro 8. Tiempo de riego y especificaciones de los emisores.

Tomate		Chile		Chayote	
Área efectiva- $A_{ef}$ ( m <sup>2</sup> )	0.16	Área efectiva- $A_{ef}$ ( m <sup>2</sup> )	0.09	Área efectiva- $A_{ef}$ ( m <sup>2</sup> )	4.52
Caudal gotero (m <sup>3</sup> /h)	0.70	Caudal gotero (m <sup>3</sup> /h)	0.70	Caudal gotero (m <sup>3</sup> /h)	2,00
Espaciamiento gotero (m)	0.40	Espaciamiento gotero (m)	0.40	Espaciamiento gotero (m)	0.40
Tiempo de riego- $t_r$ - (h)	0,23	Tiempo de riego- $t_r$ - (h)	0.17	Tiempo de riego- $t_r$ - (h)	0.45
Tiempo de riego- $t_r$ - (min)	13,79	Tiempo de riego- $t_r$ - (min)	10,21	Tiempo de riego- $t_r$ - (min)	26,99

Finalmente, el caudal de sistema dependerá de cada uno de los lotes ya que todos no son completamente uniformes.

#### 4.6 DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación, se presentan los resultados y análisis que se debieron de realizar para conformar el diseño hidráulico del sistema de riego.

Como se observa en la Figura 4 el relieve de la propiedad es irregular por lo que se optó por segmentar el terreno en las condiciones similares de pronunciamiento vertical para cada lote por lo que en la mayor de las medida se sectario en áreas que tuvieran la pendiente lo más semejante posible, dando como resultado la división de la finca en 9 lotes (anexo 18).

Por lo tanto, se procedió a utilizar los lugares donde la topografía es menos quebrada para la rotación de los cultivos de tomate y chile esto para facilitar las labores culturales que son más intensivas para estos cultivos y en los lotes donde la topografía es más quebrada se colocó el cultivo

de chayote ya que genera menos labores agrícolas por realizar. El fin es para poder brindar a los operarios de mantenimiento mejores facilidades de trabajo y reducir agotamiento de producción.

En el siguiente cuadro se presenta el área que se pretende utilizar para cada uno de los cultivos.

Cuadro 9. Área por cultivo.

Cultivo	
Chayote (hectáreas)	2,14
Chile y tomate (hectáreas)	1,61

Lo que es el área del tomate y chile se pretende dar una rotación de estos cultivos por las similitudes de trabajo que conllevan cada una de ellos y por sugerencia del productor trabajarlo en las mismas áreas. El resto de la propiedad ya que es de 4 hectáreas se contempló para la distribución de caminos y en instalaciones estructurales para los posteriores procesos de cosecha ya que es importante contemplar esta distribución para obtener una operación eficiente del sistema de la parcela.

### Diseño hidráulico del lote 1

El área del lote 1 se contemplará para el cultivo de chile y tomate. Para los laterales en este caso se utiliza la misma cinta de goteo autocompensado descrita anteriormente que trabaja en un rango de presiones de los 0,5 bar a los 4 bar y un caudal de 0.7 l/h,

En el siguiente cuadro se presenta los datos técnicos como resultados de la pérdida de la cinta de goteo:

Cuadro 10. Cálculo de los parámetros hidráulicos del lateral para lote 1.

Parámetros	Valor	Parámetros	Valor
Diferencia de altura (m)	9,00	Diferencia de altura (m)	5,00
Longitud cinta (m)	37,66	Longitud cinta (m)	57,77
Diámetro cinta (mm)	14,20	Diámetro cinta (mm)	14,20
Coefficiente de material	140	Coefficiente de material	140
Coefficiente $f(94)$	0,36	Coefficiente $f(144)$	0,36
Número de goteros	94,00	Número de goteros	144
Caudal gotero (l/h)	0,70	Caudal gotero (l/h)	0,70
Caudal cinta (m <sup>3</sup> /h)	0,07	Caudal cinta (m <sup>3</sup> /h)	0,10
Pérdidas por fricción- $h_f$ - (m)	0,03	Pérdidas por fricción- $h_f$ - (m)	0,09

Las diferencias de alturas utilizadas son extraídas del plano de curvas de nivel en la Figura 4. Para la longitud de los laterales se midió la distancia para determinar la cantidad de goteros que van a llevar la cinta de goteo en el lateral en el plano ver anexo 18 y corregir la distancia final por

medio de la ecuación 28, el factor  $f$  se determina con la cantidad de goteros en el lateral mediante la ecuación 29 y se determinó el valor con la interpolación de la tabla del anexo 2. El caudal del lateral será la suma de todos los goteros que componen el lateral el cual se utilizó la ecuación 30 y por la ecuación 33 determinar las pérdidas que se generó.

Para determinar la presión en la entrada del lateral se asignó una presión de operación de 20,4 mca y se utilizó la ecuación 35 y con la ecuación 37 para el cálculo de la presión distal del lateral. En el Cuadro 11 se presentan los resultados de las presiones correspondientes al lateral.

Cuadro 11. Presiones en el lateral lote 1.

Parámetros	Valor	Parámetros	Valor
Presión entrada (mca)	22,49	Presión entrada (mca)	19,31
Presión distal (mca)	13,46	Presión distal (mca)	24,23
Presión entrada práctica (mca)	22,50	Presión entrada práctica (mca)	22,50
Presión distal práctica (mca)	13,47	Presión distal práctica (mca)	27,41

Como se observa las presiones se mantienen dentro del rango de trabajo que ofrece la cinta de goteo, sin embargo, los valores corresponden a los laterales críticos del lote, ya que uno es el lateral que se encuentra en posición ascendente y el otro lateral se encuentra en posición descendente y las presiones en la entrada de los laterales no concuerdan o tiene metros de diferencia por lo que se le asigna una presión de 22,5 mca a la entrada de los laterales y mantener una uniformidad a lo largo de la múltiple.

Para el diseño de la múltiple se determinó la longitud mediante la medida de la distancia en los planos y a partir de separación entre hileras que se encuentra a 1,5 m se obtuvo la cantidad de laterales que conforma la múltiple, sin embargo, se opera el lote al mismo tiempo y todos los laterales se encuentran funcionando por lo que el caudal que transportará será el del todo el sistema calculado con la ecuación 34.



En el siguiente cuadro se muestran los resultados correspondientes a la múltiple.

Cuadro 12. Parámetros hidráulicos del múltiple lote 1.

Parámetros	Valor
Longitud múltiple (m)	43,53
Diámetro teórico (mm)	16,00
Diámetro práctico (mm)	21,10
Coefficiente de material	140
Coefficiente $f$ (32)	0,38
Caudal múltiple(m <sup>3</sup> /h)	2,24
Velocidad de flujo (m/s)	1,80
Pérdidas por fricción- $h_f$ - (m)	3,12
Diferencia de altura (m)	6,00
Número de Laterales	32,00
Presión	
Presión múltiple (mca)	24,98

Para determinar el diámetro teórico se utilizó la ecuación 31 y en este caso el diámetro interno fue menor al que se encuentra en el mercado, pero el que mejor se ajustaba al sistema es el de 21.1 mm a una presión de trabajo de 4 kg/cm<sup>2</sup>. El cálculo del coeficiente  $f$  se determinó por el anexo 2 con la cantidad de laterales. Se recalcularon las pérdidas con el diámetro comercial encontrado por la ecuación 33. Se corroboró la velocidad de flujo por la ecuación 32 el cual acorde con el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, la velocidad máxima en las redes de distribución no debe de exceder los 3 m/s.

La presión en la múltiple se calculó tomando en cuenta la diferencia de altura ( $\Delta Z$ ) proveniente del plano de las curvas de nivel y las pérdidas por fricción con la ecuación 36.

Para el cálculo de la tubería principal se determinó mediante el método velocidades permisibles con la ecuación 38. En el siguiente cuadro se muestran los resultados de respectivos a la tubería principal del sistema

Cuadro 13. Parámetros hidráulicos de la tubería principal para lote 1.

Parámetros	Valor
Longitud principal (m)	118,86
Caudal principal(m <sup>3</sup> /h)	4,47
Velocidad de flujo teórica (m/s)	1,50
Diámetro teórico (mm)	32,48
Diámetro práctico (mm)	26,30
Coefficiente de material	140
Pérdidas por fricción-h <sub>f</sub> - (m)	27,62
Diferencia de altura (m)	14,00
Pérdidas por filtro-h <sub>f</sub> -(mca)	1,30
Carga dinámica total -CDT- (mca)	70,52

Con el diámetro teórico se determinó un diámetro existente en el mercado a una presión de trabajo de 8 kg/cm<sup>2</sup> y se recalcularon las pérdidas por fricción con este diámetro comercial con la ecuación 33. Este diámetro se mantendrá para evitar diversificación de diámetros dentro del sistema de la tubería principal.

Para el cálculo de las pérdidas por efecto del filtro se utilizó el diagrama del anexo 17 para determina las pérdidas ocasionadas por el caudal entrante de marca Amiad para 1<sup>1/2</sup>”.

Finalmente se determinó la carga dinámica total para este lote mediante la ecuación 39 y obtener una carga dinámica total de 70,5 mca.

Los lotes 3, 5 y 7 estarán destinados para el cultivo de chile y tomate, en los siguientes cuadros se exponen los diferentes parámetros hidráulicos que fueron necesarios para el diseño.

En el Cuadro 14 se resumió los cálculos correspondientes a los puntos más críticos presenten en cada uno de los lotes ya que de esta manera nos aseguramos que en el resto de los laterales se estará cumpliendo con las condiciones de operación necesarias.

Cuadro 14. Parámetros hidráulicos correspondientes a la cinta de goteo para los lotes 3, 5 y 7.

Parámetros	Lote 3	Lote 5	Lote 7
Diferencia de altura (m)	8,00	3,00	5,00
Longitud cinta (m)	49,87	55,99	94,83
Diámetro cinta (mm)	14,20	14,20	14,20
Coefficiente de material	140	140	140
Coefficiente $f$	0,36	0,36	0,37
Numero de goteros	125,00	140,00	237,00
Caudal gotero (l/h)	0,70	0,70	0,70
Caudal cinta (m <sup>3</sup> /h)	0,09	0,09	0,17
Pérdidas por fricción-h <sub>f</sub> (m)	0,05	0,08	0,36
Presión entrada (mca)	18,60	21,15	21,83
Presión distal (mca)	18,55	18,07	16,47
Presión práctica (mca)	22,50	22,50	22,50
Presión distal practica (mca)	30,44	19,42	17,14

Respecto a los lotes 3 y 5 presentan la misma singularidad que el lote 1 de presiones en la entrada de los laterales que diferencia mucho en sus valores a lo largo de la múltiple, por lo que de igual forma se le asigna una presión práctica generalizada de 22,5 mca en la entrada de los laterales para su operación y se observa que mediante la ecuación 37 las presiones se mantienen dentro del rango de trabajo de la cinta.

Para el cálculo hidráulicos de las múltiples el cuadro 15 que resume los resultados obtenidos de los lotes 3, 5 así como el 7.

Cuadro 15. Parámetros hidráulicos de la múltiple para los lotes 3, 5 y 7.

Parámetros	Lote 3	Lote 5	Lote 7
Longitud múltiple (m)	46,03	85,9169	26,18
Diámetro teórico (mm)	22,26	17,4558	22,93
Diámetro práctico (mm)	21,10	21,10	21,1
Coefficiente de material	140,00	140,00	140
Coefficiente $f$	0,36	0,36	0,37
Caudal múltiple(m <sup>3</sup> /h)	2,02	3,63	2,90
Velocidad de flujo (m/s)	1,61	2,88	2,31
Pérdidas por fricción-h <sub>f</sub> (m)	2,60	14,28	2,99
Diferencia de altura ( $\Delta Z$ )	2,00	6,00	2,00
Número de laterales	31,00	48,00	18,00
Presión múltiple (mca)	23,74	31,22	23,68

De igual manera los cálculos aquí presentados se continuaron con la metodología que se describió con respecto al lote 1. Las velocidades se encuentran según el rango recomendado de operación para la tubería de la múltiple

En el siguiente cuadro se describen los resultados hidráulicos correspondientes a la tubería principal.

Cuadro 16. Parámetro hidráulico de la tubería principal de los lotes 3, 5 y 7.

Parámetros	Lote 3	Lote 5	Lote 7
Longitud principal (m)	131,21	200,71	118,94
Caudal principal (m <sup>3</sup> /h)	2,11	3,63	2,90
Velocidad de flujo teórica	1,50	1,50	1,50
Diámetro teórico (mm)	22,31	29,25	26,17
Diámetro práctico (mm)	26,30	26,30	26,30
Coefficiente de material	140,00	140,00	140,00
Pérdidas por fricción <sub>hf</sub> (m)	7,58	31,62	12,41
Diferencia de altura ( $\Delta Z$ )	23,00	4,00	18,00
Pérdidas por filtro <sub>hf</sub> (mca)	1,30	1,30	1,30
Carga dinámica total -CDT- (mca)	58,26	71,28	57,39

## Diseño hidráulico del lote 2

Para el área del lote 2 se destinó para el cultivo de chayote. La distribución del agua se realizó mediante los goteros al alrededor de la planta (rabo de chanco), en este caso se utiliza de goteros autocompensado que trabaja en un rango de presiones igualmente que la cinta de 0,5 bar a los 4 bar y un caudal de 2 l/h, en el anexo 16 se encontrará la ficha técnica del gotero elegido.

Cuadro 17. Parámetros hidráulicos de goteros alrededor del árbol del lote 2.

Número de goteros	5,00
Longitud (m)	1,80
Diámetro (mm)	14,20
Coefficiente de material	140
Coefficiente $f(5)$	0,34
Caudal gotero (l/h)	2,00
Caudal emisores al alrededor de la planta (m <sup>3</sup> /h)	0,01
Pérdidas por fricción <sub>hf</sub> (m)	$3.5 \times 10^{-5}$
Presión de operación (mca)	20,40
Presión entrada (mca)	20,40
Presión distal (mca)	20,40

Se procedió a establecer el uso de 5 goteros por rabo de chanco, la longitud parte de la utilización de la ecuación 28. Para determinar el caudal en te caso se multiplica la cantidad de

goteros por el caudal que emite el gotero por la ecuación 30 se obtiene el resultado y con el número de goteros se lee el valor respectivo  $f$  del anexo 2. El caudal que se maneja es casi que despreciable por lo que se generan pocas pérdidas calculadas con la ecuación 33 y como se observa en el cuadro la presión no se ve afectada.

Con el cálculo realizado por cada planta se procede a determinar el diseño respectivo para los laterales críticos del lote que se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 18. Parámetros hidráulicos del lateral lote 2.

Parámetros	Valor	Parámetros	Valor
Diferencia de altura (m)	2,00	Diferencia de altura (m)	5,00
Longitud lateral (m)	32,43	Longitud lateral (m)	61,67
Diámetro teórico (mm)	5,40	Diámetro teórico (mm)	6,40
Diámetro práctico (mm)	9,60	Diámetro práctico (mm)	9,60
Coefficiente de material	140	Coefficiente de material	140
Coefficiente $f$ (6)	0,35	Coefficiente $f$ (11)	0,34
Número salidas	6,00	Número salidas	11,00
Caudal gotero (l/h)	2,00	Caudal gotero (l/h)	2,00
Caudal cola (m <sup>3</sup> /h)	0,01	Caudal cola (m <sup>3</sup> /h)	0,01
Caudal lateral (m <sup>3</sup> /h)	0,06	Caudal lateral (m <sup>3</sup> /h)	0,11
Velocidad de flujo (m/s)	0,72	Velocidad de flujo (m/s)	0,42
Pérdidas por fricción <sub>hf</sub> (m)	0,12	Pérdidas por fricción <sub>hf</sub> (m)	0,70
Presión entrada (mca)	20,03	Presión entrada (mca)	19,79
Presión distal (mca)	21,91	Presión distal (mca)	24,09
Presión práctica (mca)	22,50	Presión práctica (mca)	22,50
Presión distal práctica (mca)	24,38	Presión distal práctica (mca)	26,78

La longitud al igual que el lote 1 se determinó mediante la medición realizada en el plano del anexo 18 para determinar la cantidad de salidas al alrededor de la planta que se pueden tener en el lateral, se calculó con la ecuación 29 y se corrigió la distancia final por medio de la ecuación 28, el coeficiente  $f$  se interpoló con la tabla del anexo 2 correspondiente a la cantidad de salidas calculada que hace referencia a la cantidad de rabos de chanco que conforma el lateral. Con la diferencia de altura utilizando el plano de la Figura 4 se determinó un diámetro teórico utilizando la ecuación 31 el cual se utiliza para buscar aquel diámetro comercial lo más cercano posible en la tubería que trabaja a presión de trabajo de 4 kg/cm<sup>2</sup>. Nuevamente se recalculan las pérdidas con el nuevo diámetro ecuación 30.

Una vez determinada las pérdidas por fricción se procedió a calcular las presiones de entrada de los laterales que se encuentra en estudio, así como la presión distal mediante la ecuación 35 y

37 asignándole una presión de operación de 20,4 mca y como se observa se mantienen dentro de rango de presión que ofrece el gotero, sin embargo al realizar los cálculos se nota que la presión en ambos difiere por lo que se estable una presión practica de entra de los laterales a lo largo de la múltiple para asegurar que todos los laterales trabajan a una misma presión y estimar nuevamente la presión distal. En este caso los laterales se encuentran en posición descendente y se cumple con el rango de trabajo de los goteros.

Para el cálculo de múltiple se procedió de la misma manera y los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 19. Parámetros hidráulicos de la múltiple para lote 2.

Parámetros	Valor
Longitud múltiple (m)	24,77
Diámetro teórico (mm)	7,20
Diámetro práctico (mm)	12,70
Coefficiente de material	140
Coefficiente $f(8)$	0,34
Caudal múltiple ( $m^3/h$ )	0,27
Velocidad de flujo (m/s)	0,59
Pérdidas por fricción <sub>hf</sub> (m)	0,37
Diferencia de altura (m)	6,00
Número de laterales	8,00
Presión múltiple (mca)	25,07

Para la longitud de la múltiple se tomó a partir de la distancia medida directamente en los planos ver anexo 18 y con la separación entre la línea de cultivo se obtuvo la cantidad de salidas de laterales en la múltiple. Igualmente se sumaron los caudales de los laterales para determinar el caudal que va a conducir la múltiple el cual es igual al del todo el sistema. Con la diferencia de altura extraída por el plano de la Figura 4, se determinó el diámetro teórico utilizando la ecuación 31 y por consiguiente se busca un diámetro real disponible en el mercado para con la ecuación 33, calcular las perdidas nuevas que genera este diámetro que trabaja a una presión de 4 kg/cm<sup>2</sup> y así calcular presión de la múltiple mediante la ecuación 35.

La tubería principal se realizó mediante el método de velocidad permisible con la ecuación 37. Bajo este método se supone una velocidad de flujo teórica para obtener el diámetro teórico que permitirá detectar el mejor diámetro que se acerca comercialmente para obtener un sistema económico, por medio de la ecuación 38 al igual que los lotes dedicados al cultivo de tomate y

chile se utiliza una presión de trabajo de  $8 \text{ kg/cm}^2$  y cumpla con el diseño propuesto, se calculan las pérdidas reales para determinar la carga dinámica total del lote como se muestra en cuadro 20.

Cuadro 20. Parámetros hidráulicos de la tubería principal para el lote 2.

Parámetros	Valor
Longitud principal (m)	122,31
Caudal principal (m <sup>3</sup> /h)	0,54
Velocidad de flujo teórica (m/s)	1,50
Diámetro teórico (mm)	11,28
Diámetro práctico (mm)	26,30
Coefficiente de material	140
Pérdidas por fricción <sub>hf</sub> - (m)	0,57
Diferencia de altura (m)	15,00
Pérdidas por filtro <sub>hf</sub> - (mca)	1,30
Carga dinámica total -CDT- (mca)	43,22

La trayectoria y la medida de la longitud de esta tubería se extrajeron por medio del plano del anexo 19 al igual que la diferencia de altura utilizando la figura 5.

Finalmente, la carga dinámica total de sistema para el lote 2 es de 43, 22 mca por medio de la ecuación 38.

En los siguientes cuadros se exponen los resultados respectivos a los lotes 4, 6, 8 y 9 que corresponde al diseño hidráulico del sistema. Estos lotes se dispondrán para el cultivo de chayote.

En el cuadro 21 se describen los resultados hidráulicos correspondientes a los emisores al alrededor de la planta de chayote, las pérdidas ocasionadas en este tramo son mínimas por lo que la presión a la entrada no se ve afectado en comparación a la presión de operación asignada.

Cuadro 21. Parámetros hidráulicos de goteros alrededor del árbol para los lotes 4, 6, 8 y 9.

Parámetros	Valor
Longitud (m)	1,80
Diámetro (mm)	14,20
Coefficiente de material	140
Coefficiente $f(5)$	0,33
Número de goteros	5,00
Caudal gotero (m <sup>3</sup> /h)	2,00
Caudal emisores al alrededor de la planta (m <sup>3</sup> /h)	0,01
Pérdidas por fricción <sub>hf</sub> - (m)	$3,5 \times 10^{-5}$
Presión de operación (mca)	20,40
Presión entrada (mca)	20,40
Presión distal (mca)	20,40

Para el diseño del lateral en los siguientes lotes, se trabajó a partir de la presión de en la entrada de los emisores al alrededor de la planta y se resolvieron los cálculos como se explicó anteriormente con el lote 2.

Cuadro 22. Parámetros hidráulicos para el lateral de los lotes 4, 6, 8 y 9.

Parámetros	Lote 4	Lote 6	Lote 8	Lote 9
Diferencia de altura ( $\Delta Z$ )	3,00	6,00	1,00	5,00
Longitud lateral (m)	105,00	40,36	71,07	24,00
Diámetro teórico (mm)	9,63	5,03	9,82	6,29
Diámetro práctico (mm)	9,60	9,60	9,60	9,60
Coefficiente de material	140	140	140	140
Coefficiente $f$	18,00	7,00	12,00	4,00
Número salidas	0,35	0,44	0,4	0,33
Caudal gotero ( $m^3/h$ )	2,00	2,00	2,00	2,00
Caudal emisores al alrededor de la planta ( $m^3/h$ )	0,01	0,01	0,01	0,01
Caudal lateral ( $m^3/h$ )	0,18	0,07	0,12	0,04
Velocidad de flujo (m/s)	0,69	0,27	0,46	0,15
Pérdidas por fricción- $hf$ - (m)	3,06	0,26	1,12	0,04
Presión entrada (mca)	22,06	21,98	21,03	21,58
Presión distal (mca)	22,00	15,72	18,91	16,54
Presión práctica (mca)	22,50	22,50	22,50	22,50
Presión distal práctica (mca)	22,44	16,24	20,38	17,46

Como se observa en el Cuadro 22 las velocidades que se manejan en los laterales son sumamente bajas y es debido a los pequeños caudales que se manejan a sección del lote 4 que cumple con el rango establecido pues en este lote se manejan más plantas que en resto de los lotes, obstante las líneas de riego son cortas y las pendientes de los lotes se facilitaría el proceso de lavado para evitar el obstrucción de los emisores por sedimentación. Las presiones se encuentran dentro del rango de operación del gotero sin embargo como se ha explicado anteriormente las presiones en la entrada de los laterales varía a lo largo de la múltiple de cada uno de los lotes por lo que de igual manera se asigna una presión practica de 22,5 mca en la entrada de los laterales para corregir las fluctuaciones de presión que se pueden generar en las conexiones de los laterales.



Igualmente para los cálculos en la múltiple se resolvió como se explicó en el lote 2 y en el Cuadro 23 se muestran los resultados de los lotes 4, 6, 8 y 9.

Cuadro 23. Parámetros hidráulicos en la múltiple en los lotes 4, 6, 8 y 9.

Parámetros	Lote 4	Lote 6	Lote 8	Lote 9
Longitud múltiple (m)	35,18	36,17	25,11	46,86
Diámetro teórico (mm)	10,46	7,46	13,09	9,31
Diámetro práctico (mm) 4 kg/cm <sup>2</sup>	12,70	12,70	12,70	12,70
Coefficiente de material	140,00	140,00	140,00	140,00
Coefficiente <i>f</i>	0,34	0,34	0,34	0,34
Caudal múltiple(m <sup>3</sup> /h)	1,15	0,41	0,54	0,42
Velocidad de flujo (m/s)	2,52	0,89	1,18	0,92
Pérdidas por fricción-hf- (m)	7,89	1,20	1,39	1,63
Diferencia de altura (m)	18,00	16,00	3,00	15,50
Número de laterales	8,00	7,00	5,00	8,00
Presión múltiple (mca)	21,74	16,82	22,88	26,4

En el Cuadro 24 se muestran los resultados que contemplan los cálculos realizados para la tubería principal.

Cuadro 24. Parámetros hidráulicos de la tubería principal de los lotes 4, 6, 8 y 9.

Parámetros	Lote 4	Lote 6	Lote 8	Lote 9
Longitud principal (m)	108,49	186,31	267,87	315,00
Caudal principal(m <sup>3</sup> /h)	2,11	0,83	0,54	0,89
Velocidad de flujo teórica	1,50	1,50	1,50	1,50
Diámetro teórico (mm)	22,30	13,99	11,28	14,49
Diámetro práctico (mm)	26,30	26,30	26,30	26,30
Coefficiente de material	140	140	140	140
Pérdidas por fricción-hf- (m)	6,26	1,91	1,24	3,68
Diferencia de altura ( $\Delta Z$ )	19,00	24,00	31,00	31,00
Pérdidas por filtro-hf-(mca)	1,30	1,30	1,30	1,30
Carga dinámica total -CDT- (mca)	49,70	44,97	57,62	63,88

Las cargas dinámicas de estos lotes son bajas ya que los caudales que se requieren son menores en comparación a los lotes que maneja el cultivo de tomate y chile.

La tubería utilizada para la conducción principal es de 1<sup>1/2</sup>” a una presión de trabajo de 8 kg/cm<sup>2</sup>.

En cuanto a la toma de agua de la finca el proyecto de riego ISTARU proporciona una capacidad volumétrica de 200 m<sup>3</sup> por día y con una presión de 110 psi ver (anexo19) por lo que no es necesario la utilización de una bomba para el sistema para suplir la energía necesaria para la operación sin embargo si se requiere de reguladores de presión en las válvulas de las múltiples para contrarrestar la sobrepresión disponible.

## 4.7 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para iniciar con este apartado se estableció la lista de materiales que se necesitan para llevar a cabo la instalación del sistema de riego los precios pueden variar dependiendo del proveedor por eso es importante indagar en el mercado los precios en diferentes casas comerciales para realizar la compra.

En los siguientes cuadros se desglosa los materiales y su respectivo costo, según sea la inversión para el cultivo del tomate, chile y chayote.

Cuadro 25. Costos inversión cultivo chile - tomate

Materiales	Cantidad	Precio (C)	Precio total (C)
Cinta de goteo UniRam™ 16012. Longitud rollo de 500 m	20	C 150 000	C 3 000 000
Tubería PE de 1" (P.Trabajo 4 Kg/Cm <sup>2</sup> ) rollo de 91 m	3	C 42 000	C 126 000
Tubería de PE 1 1/4" (P.Trabajo 4 Kg/Cm <sup>2</sup> ) rollo de 45,50 m	2	C 36 000	C 72 000
Manómetro glicerina (psi)	1	C 16 000	C 16 000
Accesorios 13% costo de tubería	13%	C 3 214 000	C 417 820
Regulador de Presión	6	C 26 000	C 156 000
Total de Materiales			C 3 937 820
<b>Gastos operativos</b>			
Mano de obra (6 días laborales por peón )	4	C 63 000	C 252 000
Servicios Profesionales	1	C 250 000	C 250 000
Combustible 5% de gastos	5%	C 4 439 820	C 221 991
Total de Gastos operativos			C 723 991
Total de Gastos			C 4 661 811
Imprevistos 5% de gastos			C 233 090
Total de costos			C 4 894 902

Cuadro 26. Costos en inversión cultivo de chayote

Materiales	Cantidad	Precio (C)	Precio total (C)
Gotero PCJ drippersn 2L/h 0.5-4 bar	2470	C 500	C 1 235 000
Tubería PE de 1/2"(P.Trabajo 4 Kg/Cm <sup>2</sup> ) rollo de 91 m	27	C 16 000	C 432 000
Tubería de PE 16 mm (P.Trabajo 4 Kg/Cm <sup>2</sup> ) rollo de 91 m	4	C 9 000	C 36 000
Accesorios 13% costo de tubería	13%	C 1 703 000	C 221 390
Regulador de Presión	5	C 26 000	C 130 000
Total de Materiales			C 2 054 390
Gastos operativos			
Mano de obra (6 días laborales por peón )	4	C 63 000	C 252 000
Servicios Profesionales	1	C 250 000	C 250 000
Combustible 5% de gastos	5%	C 2 556 390	C 127 820
Total de Gastos operativos			C 629 820
Total de Gastos			C 2 684 210
Imprevistos 5% de gastos			C 134 210
Total de costos			C 2 818 420

Cuadro 27. Costo inversión tubería principal

Materiales	Cantidad	Precio (C)	Precio total (C)
Tubería PE de 1 1/2"(P.Trabajo 8 Kg/Cm <sup>2</sup> )	13	C 48 000	C 624 000
Filtro "anillo 120 mech	1	C 150 000	C 150 000
Accesorios 13% de costo de tubería	13%	C 1 648 000	C 214 240
Total de Materiales			C 988 240
Gastos operativos			
Mano de obra (6 días laborales por peón )	4	C 63 000	C 252 000
Servicios Profesionales	1	C 250 000	C 250 000
Combustible 5% de gastos	5%	C 716 240	C 35 812
Total de Gastos operativos			C 537 812
Total de Gastos			C 2 250 052
Imprevistos 5% de gastos			C 112 502
Total de costos			C 2 362 555
Costos totales del proyecto			C 10 075 876,13

En el último cuadro podemos ver la cifra final que con lleva la elaboración del proyecto el monto alcanzaría la suma de C 10 075 876.

En los siguientes cuadros se muestra el valor ingreso como el costo que conlleva la producción estos valores fueron otorgados por el productor por lo que su autenticidad es verdadera.

Cuadro 28. Ingresos producción del cultivo de tomate por hectárea

Densidad de siembra (plantas/hectárea)	12000
Cosecha (kg/plantas)	8
precio (tina ₡/18 kg)	₡ 5 000
Insumos	₡ 385
Mano de obra	₡ 715
Costo (₡/planta)	₡ 1 100
Costo producción (₡/hectárea)	₡ 13 200 000
Ingreso bruto (₡/hectárea)	₡ 26 666 667
Ingreso neto (₡/hectárea)	₡ 13 466 667

Cuadro 29. Ingresos producción del cultivo de chile por hectárea

Densidad de siembra (plantas/hectárea)	20000
Cosecha (kg/plantas)	5
precio (tina ₡/ 21 kg)	₡ 9 000
Insumos	₡ 540
Mano de obra	₡ 360
Costo (₡/planta)	₡ 900
Costo producción (₡/hectárea)	₡ 18 000 000
Ingreso bruto (₡/hectárea)	₡ 42 857 143
Ingreso neto (₡/hectárea)	₡ 24 857 143

Cuadro 30. Ingresos producción del cultivo de chayote por hectárea

Densidad de siembra (plantas/hectárea)	277
Cosecha (kg/plantas)	500
precio (₡/java 55kg)	₡ 6 000
Insumos	₡ 8 100
Mano de obra	₡ 18 900
Costo (₡/planta)	₡ 27 000
Costo producción (₡/hectárea)	₡ 7 479 000
Ingreso bruto (₡/hectárea)	₡ 15 109 091
Ingreso neto (₡/hectárea)	₡ 7 630 091

Los anteriores resultados son los representan los costos e ingresos calculados por hectárea en cuanto al precio de venta de los productos se consultó al boletín de precio de PIMA.

La producción en la propiedad altos del valle se manejará en los tres cultivos citados de los cuales para el chayote se tiene asignado 2.1391 hectáreas del total del área y para el chile y tomate

el total de 1.6115 hectáreas para producción. En los siguientes cuadros se muestra lo que a la finca corresponde de ingresos y costos de la producción. Estos ingresos serían por ciclo de producción de los diferentes cultivos.

Cuadro 31. Ingreso de producción 3.7 hectáreas, finca altos del Valle

Ingreso de producción altos del valle Chayote	₡ 16 321 527
Ingreso de producción altos del valle Chile	₡ 20 028 642
Ingreso de producción altos del valle tomate	₡ 10 850 766
Ingresos de producción totales altos del valle	₡ 47 200 936

Cuadro 32. Costos de producción 3.7 hectáreas, finca altos del Valle

Costo de producción altos del valle Chayote	₡ 15 998 329
Costo de producción altos del valle Chile	₡ 14 503 500
Costo de producción altos del valle tomate	₡ 10 635 900
Costo de producción totales altos del valle	₡ 41 137 729

Contemplado el costo que tendrá el proyecto y con los ingresos que la actividad agrícola genera se procedió a determinar el valor del VAN y TIR mediante la matriz que utiliza la herramienta de Excel.

Se proyectó el flujo neto a un periodo de 5 años como se desglosa en el anexo 20 el análisis económico y por medio de este análisis se obtuvieron los indicadores económicos de valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) considerando un ciclo productivo por año para los cultivos.

Cuadro 33. Indicadores de parámetros económicos

Tasa De Rendimiento Mínima Atractiva (TMAR)	11,95%
Valor Actual Neto (VAN)	₡ 14 172 348,16
Tasa Interna de Retorno (TIR)	38%
Periodo de Recuperación (PR)	2,09

Finalmente podemos ver según el cuadro 33 que TIR (38%) es superior al TREMA (11,95%) valor que se obtuvo de la banca de desarrollo lo que implica que la rentabilidad de la inversión es mayor al costo, nos indica que el proyecto se puede ejecutar. Luego mediante el (VAN) siendo este un valor positivo se demostró que este proyecto es viable económicamente ya que el flujo de efectivo puede cubrir los gastos financieros del proyecto en un poco más de dos años.

## **4.8 ANÁLISIS AMBIENTAL**

En cuanto a lo que se refiere de impacto ambiental del proyecto, se procedió a llenar el formulario propuesto por SETENA denominado D1 para la viabilidad ambiental para el desarrollo del sistema de riego en los tres cultivos. Al llenar la plantilla se obtuvo una nota de 74,5 por debajo de la nota que establece SETENA clasificando el proyecto en un B2 y solo se debe de presentar una declaración jurada de que el proyecto no va a generar algún impacto ambiental en el anexo 18 se detalla la clasificación obtenida.

## **4.9 ANÁLISIS SOCIAL**

Se desarrolló el Cuestionario para la Identificación y Evaluación de Impactos Sociales a través de la Metodología para la Evaluación de Impacto Social desarrollado por la empresa GreenMomentum S.A.P.I de C.V. Como se muestra a continuación con el cuestionario y por medio de la matriz una clasificación de los indicadores sociales que la encuesta arrojó. En cuanto a los aspectos negativos se dieron las medidas de mitigación necesarias para contrarrestar el aspecto desfavorable del proyecto.

### **Cuestionario aspecto social**

1. ¿El proyecto tiene impactos en puestos de trabajo o condiciones laborales?

Se pretende mediante la ejecución del proyecto la generación de nuevos empleos.

1.1. ¿El proyecto tiene impactos sobre el número de empleos permanentes o de largo plazo (> 1 año)?

Se pretende genera al menos 5 empleos necesarios para el mantenimiento y operación de la propiedad una vez.

1.2. ¿El proyecto tiene impactos sobre el número de empleos temporales o de corto plazo (< 1 año)?

Si, se pretende genera al menos 3 vacantes de empleo en diferentes labores culturales y mantenimiento preventivo de la producción.

1.3. ¿El proyecto tiene impactos en materia de salud y seguridad ocupacional?

Todo trabajo conlleva un peligro de riesgo ocupacional que se debe de asumir sin embargo para la operación del proyecto se cuenta con los requerimientos de seguridad necesarios.

2. ¿El proyecto tiene impactos sobre la salud o la seguridad de las comunidades dentro del área de influencia?

2.1. ¿El proyecto tiene impactos en reducción o prevención de enfermedades o accidentes?

Mediante la implementación de este proyecto pretende conseguir la producción lo más sano posible para tener un impacto positivo en la salud de los consumidores.

2.2. ¿El proyecto tiene impactos en reducción de la delincuencia?

Mediante la generación de empleo se pretende reducir la tasa de delincuencia de la comunidad

2.3. ¿El proyecto tiene impactos en los servicios de salud

NA.

2.4. ¿El proyecto tiene impactos en la propensión y/o respuesta a desastres naturales?

NA.

3. ¿El proyecto tiene impactos en educación y capacitación?

3.1. ¿El proyecto tiene impactos en servicios educativos (escuelas, maestros, acceso o calidad de la educación)?

NA.

3.2. ¿El proyecto tiene impactos en difusión del conocimiento?

Se requerirá de capacitaciones para el mantenimiento y operación del sistema de producción que recibirán tanto el propietario como sus empleados.

4. ¿El proyecto tiene impactos en el bienestar social?

4.1. ¿El proyecto tiene impactos en el desarrollo comunitario o social?

Por medio de la ejecución de este proyecto se pretende mejorar las relaciones sociales entre las familias de la comunidad.

5. ¿El proyecto tiene impactos en la igualdad de género?

5.1. ¿El proyecto tienes impactos en la forma de vida, educación, o capacitación para mujeres?

Se promueve la participación equitativa de hombres y mujeres en las operaciones culturales como también en la toma de decisiones importantes de las labores.

6. ¿El proyecto tiene impactos en el patrimonio cultural?

NA.

7. ¿El proyecto tiene impactos en el desplazamiento físico o económico de personas?

7.1. ¿El proyecto, en cualquiera de sus fases, involucra el Desplazamiento Físico de personas en el área de influencia?

Para llevarse a cabo se requiere de desplazamiento físico de las personas sea caminado bus o bicycle.

7.2. ¿El proyecto, en cualquiera de sus fases, involucra el Desplazamiento Económico

Si se necesita de un gasto económico para la movilización de las personas sin embargo no es significativa la pérdida de ingresos ya que sería para el transporte y alimentación dentro de la localidad.

Cuadro 34. Matriz de Estudio Social

Aspectos	Indicador	Tipo de impacto			Descripción del Impacto Negativo y /o Co-Beneficio	Medida de mitigación (En el Caso de ser negativo)
		NA	IN	Co-Beneficio		
Trabajo y condiciones laborales	Empleos permanentes o de largo plazo (> 1 año)			x	Indirectamente se ocupa de empleados para la producción.	
	Empleos temporales o de corto plazo (< 1 año)			x	Se requiere de mantenimiento preventivo	
	Salud y seguridad ocupacional		x			Ofrecer a los empleados capacitaciones como implementos de seguridad
Educación y Capacitación	Difusión del conocimiento			x	Brindar las capacitaciones que sean necesarias que influyen en crecimiento laboral como personal.	
	Servicios educativos	x				
Bienestar social	Desarrollo comunitario y social			x	Considera aumentar las relaciones personales entre los miembros de la comunidad	
Igualdad de género	Forma de vida, educación, capacitación para mujeres.			x	Se pretende involucrar aún más a las mujeres en las labores.	



Continuación cuadro 34.

Patrimonio cultural	Afectación a patrimonio arqueológico, cultural histórico y religioso.	x				
Desplazamiento	Desplazamiento físico			x	Mediante el desplazamiento se activan otras actividades comunitarias (sodas, supermercados, etc. ).	
	Desplazamiento económico		x			Proporcional el desplazamiento y alimentación

Mediante esta metodología se identificó que la ejecución de este proyecto tiene efecto importante en cuanto se refiere a empleo, educación e integración social se puede lograr, todos estos factores son de gran importancia más aún en la comunidad rural para de este modo estimular en el crecimiento del pueblo.

## **CAPITULO 5 CONCLUSIONES**

- Para los cultivos en estudio se realizó el análisis agronómico requerido para llevar a cabo el diseño del sistema de riego, en el cual se estudió el porcentaje de humedad útil mediante la curva de drenaje debido a las condiciones particulares que la materia orgánica otorgada al suelo consecuentemente se requiere de frecuencias de riego sucesivas en pequeños intervalos de tiempo.
- Se logró llevar a cabo el análisis hidráulico del sistema de riego en el que la topografía del lugar jugó un papel importante para el cálculo de las presiones las cuales se mantuvieron entre el rango de trabajo del emisor, para garantizar una aplicación de riego uniforme y racional para los cultivos.
- Los reguladores de presión son de gran importancia en el sistema colocados en la entrada de las válvulas para regular con el fin de entregar la carga dinámica total que necesita las múltiples para su operación.
- Según la ficha técnica de los emisores se puede utilizar un filtro de 120 mech en el sistema de filtrado para evitar la obstrucción de los emisores.
- El proyecto a nivel social pretende realizar un cambio positivo con la generación y aumento en el empleo de la zona y de esta manera se pueda incorporar igualdad de género tanto en las actividades agrícolas como en las capacitaciones. En cuanto a nivel ambiental el proyecto no tiene efectos muy perjudiciales sobre el ambiente pues son materiales sólidos de alta durabilidad los que se utilizarán como también de ser reutilizables (reciclar). El proyecto es factible económicamente ya que la recuperación del capital se da en un tiempo menor al proyectado y permite generar continuas utilidades.

## **CAPITULO 6 RECOMENDACIONES**

Realizar un plan operativo para coordinar la operación según el uso que se de a los lotes y un plan de mantenimiento preventivo del sistema de riego con el fin de realizar inspecciones continuas en el campo para monitorear presiones de las válvulas y asegurar una buena uniformidad del riego, también parte de estas revisiones consiste en comprobar si se encuentran fugas en las tuberías por desacoplamiento o daños ocasionados por roedores. Limpiar periódicamente y correctamente el filtro del sistema y asegurarse que el filtro este bien colocado como también purgarlo cada vez que este se lave ya que este elemento del riego es lo más importante del sistema. Se recomienda la instalación de un filtro de 180 mesh para poder a larga la vida útil que se puede dar al sistema.

Se recomienda la construcción de una estructura de protección o casetilla en la toma de agua para proteger los elementos del sol como también de delincuentes que pueden generar daños perjudiciales al sistema para proceder a la automatización del sistema y aprovechar el sistema para realizar fertirriego.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez , E. (2018). *Cultivo de Chile Dulce*. Obtenido de [http://centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Centa\\_Chile%20Dulce%202019.pdf](http://centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Centa_Chile%20Dulce%202019.pdf)
- Avenaza, Á. (2013). *Manejo, riego y abonado del suelo* . Malaga: IC Editorial.
- Calvache, M. (2002). *Manejo del agua, principios fundamentales* . Obtenido de VIII CONGRESO DE LA SECSA: PORTOVIEJO, MANABI, ECUADOR: [https://www.researchgate.net/publication/303691521\\_MANEJO\\_DEL\\_AGUA\\_PRINCIPIOS\\_FUNDAMENTALES](https://www.researchgate.net/publication/303691521_MANEJO_DEL_AGUA_PRINCIPIOS_FUNDAMENTALES)
- Carrillo, M. (2007). *Agrocade Regional Cultivo Chile Dulce*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-4281.pdf>
- Castañón, G. (1999). *Riego por aspersión* . Madrid : Mundi-Prensa.
- Cavarría, A. (2013). *Apuntes de clases realación suelo-agua-planta*. Cartago : Editorial Tecnológico de Costa Rica.
- CONADI. (2017). Obtenido de Promoción, elaboración y evaluación de proyectos de riego para organizaciones y personas indígenas de la región de Atacama: [http://www.gea.uchile.cl/archivos/Como\\_determinar\\_cuando\\_y\\_cuanto\\_regar\\_Conadi.pdf](http://www.gea.uchile.cl/archivos/Como_determinar_cuando_y_cuanto_regar_Conadi.pdf)
- Futuro . (s.f.). *Evaluación de impacto ambiental* . Obtenido de <https://futurisconsulting.com/es/evaluacion-de-impacto-ambiental-permisos/>
- Ghisolfi, E. (2011). *Contenido de materia orgánica*. Argentina: EDUVIM.
- Gil, R. (2007). *El ambiente del suelo y el crecimiento de las raíces* . Obtenido de [http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/107/misc107\\_0002.pdf](http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/107/misc107_0002.pdf)
- GreenMomentum S.A.P.I de C.V. (s.f.). *Metodología para la Evaluación de Impacto Social*. Obtenido de [https://energypedia.info/images/7/72/GIZ\\_Metodologia\\_Evaluaci%C3%B3n\\_Impacto\\_Social\\_2016.pdf](https://energypedia.info/images/7/72/GIZ_Metodologia_Evaluaci%C3%B3n_Impacto_Social_2016.pdf)
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados . (2017). *Norma técnica para diseño y construcción de sistema de abastecimiento de agua potable de saneamiento pluvial* . Obtenido de <https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Norma%20dise%C3%B1o%20y%20construccion%20sistemas%20agua,%20saneamiento%20y%20pluvial.pdf>

- López, L. (2017). *Manual técnico del cultivo de tomate*. Obtenido de Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria : <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>
- López, P., Calera, A., & Santa Olalla, F. (2005). *Agua y Agronomía*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Martínez, J. (2014). *Introducción al Riego*. València: Editorial Universitat Politècnica de València.
- Maya, M. (2015). *Operaciones culturales, riego y fertilización*. Málaga: IC Editorial.
- Ministerio de agricultura y ganadería . (s.f.). *Agrocadena Chayote*. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-9557.pdf>
- Moya, J. (2009). *Riego localizado y fertirrigación*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Mundo, M. (2018). *Métodos empíricos para estimar la velocidad de infiltración en suelos agrícolas y cuencas hidrológicas pequeñas*. Mexico: Maporrua.
- OBS. (Enero de 2018). *Business School*. Recuperado el 10 de Octubre de 2018, de Elementos claves en el estudio económico de un proyecto: <https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/etapas-de-un-proyecto/elementos-claves-en-el-estudio-economico-de-un-proyecto>
- Orellana, F., Escobar, C., & Morales, A. (s.f.). *Cultivo de Chie Dulce*. Obtenido de Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.
- Pinto, J. (2013). *Operaciones auxiliares de riego en cultivos agrícolas*. Málaga: IC Editorial.
- Porta, J., López-Acevedo, M., & Poch, R. (2008). *Introducción a la Edafología: uso y protección del suelo*. Cataluña: Grupo Mundi-Prensa.
- Porta, J., López-Acevedo, M., & Roquero de Laburu, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Madrid: Grupo Mundi-Prensa.
- Rojas, J., & Castillo, M. (2007). *Planteamiento*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería : <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-4158.pdf>
- Sánchez, B., Ruiz, M., & Ríos, M. (2005). *Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud en la cuenca del río Maracay Estado Aragua*. Maracay: Editorial Sagarpa.
- Shaxson, F., & Barber, R. (2005). *Optimización de la humedad de suelo para la producción vegetal*. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=K-JwJZw1hMwC&oi=fnd&pg=PP10&dq=humedad+del+suelo&ots=gisQ8ern\\_F&sig=iCUSpzyo1o8BhVaa5l\\_P-OJ3\\_nk#v=onepage&q=humedad%20del%20suelo&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=K-JwJZw1hMwC&oi=fnd&pg=PP10&dq=humedad+del+suelo&ots=gisQ8ern_F&sig=iCUSpzyo1o8BhVaa5l_P-OJ3_nk#v=onepage&q=humedad%20del%20suelo&f=false)

- Trezza, R., Pacheco, Y., & Suárez, Y. (2008). *Programación del riego en caña de azúcar en una zona semiárida del estado Lara, Venezuela, utilizando la metodología fao-56*. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612008000100003](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612008000100003)
- Valverde, J. (2007). *Riego y drenaje*. San José: EUNED.
- Villalobos, M., & Valverde, J. (2014). *Principios de riego y drenaje en suelos tropicales*. San José: EUNED.



## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Relación de transpiración. Fuente: Villalobos, 2014.

PROFUNDIDAD RAÍCES (m)	TEXTURA	TEXTURA	TEXTURA	TEXTURA
	Muy arenosa	Arenosa	Media	Fina
< de 0,75	0,90	0,90	0,95	1,00
De 0,75 a 1,50	0,90	0,95	1,00	1,00
> de 1,50	0,95	1,00	1,00	1,00

**Anexo 2.** Valores de F de Cristianasen. Fuente: Villalobos, 2014.

Número salidas	Plástico (1.760)			Aluminio (1.852)		
	F <sub>1</sub> <sup>a</sup>	F <sub>2</sub> <sup>b</sup>	F <sub>3</sub> <sup>c</sup>	F <sub>1</sub> <sup>a</sup>	F <sub>2</sub> <sup>b</sup>	F <sub>3</sub> <sup>c</sup>
5	0.469	0.337	0.410	0.457	0.321	0.396
10	0.415	0.350	0.384	0.402	0.336	0.371
12	0.406	0.352	0.381	0.393	0.338	0.367
15	0.398	0.355	0.377	0.385	0.341	0.363
20	0.389	0.357	0.373	0.376	0.343	0.360
25	0.384	0.358	0.371	0.371	0.345	0.358
30	0.381	0.359	0.370	0.368	0.346	0.357
40	0.376	0.360	0.368	0.363	0.347	0.355
50	0.374	0.361	0.367	0.361	0.348	0.354
100	0.369	0.362	0.366	0.356	0.349	0.352
200	0.366	0.363	0.365	0.53	0.350	0.352

**Anexo 3.** Porcentaje de Humedad para muestra 1. Fuente: Propia.

Muestra	1			
Peso de la muestra (g)	75,30			
Peso Cilindro y malla(g)	19,80			
Peso Suelo seco (g)	55,50			
Volumen cilindro (cm <sup>3</sup> )	95,03			
Densidad (g/ cm <sup>3</sup> )	0,584			
Tiempo (min)	Peso suelo humedo (g)	Volumen agua perdida	Volumen acumulado de agua perdida (cm <sup>3</sup> )	Humedad del peso total de la muestra %
0	122,30	0,00	0,00	120,36
2	119,30	3,00	3,00	114,95
4	118,40	0,90	3,90	113,33
6	117,80	0,60	4,50	112,25
8	117,20	0,60	5,10	111,17
10	116,80	0,40	5,50	110,45
12	116,40	0,40	5,90	109,73
14	116,10	0,30	6,20	109,19
16	115,80	0,30	6,50	108,65
18	115,50	0,30	6,80	108,11
20	115,30	0,20	7,00	107,75
22	114,90	0,40	7,40	107,03
32	114,70	0,20	7,60	106,67
42	114,50	0,20	7,80	106,31
52	114,20	0,30	8,10	105,77
82	113,60	0,60	8,70	104,68
112	112,90	0,70	9,40	103,42
142	112,60	0,30	9,70	102,88
152	111,70	0,90	10,60	101,26
212	110,40	1,30	11,90	98,92
272	109,60	0,80	12,70	97,48
332	108,90	0,70	13,40	96,22
392	108,30	0,60	14,00	95,14
946	107,30	1,00	15,00	93,33
1066	106,20	1,10	16,10	91,35
1186	104,70	1,50	17,60	88,65
1306	103,20	1,50	19,10	85,95
1426	102,10	1,10	20,20	83,96

**Anexo 4.** Porcentaje de humedad para muestra 2. Fuente: Propia.

Muestra	2			
Peso de la muestra (g)	81,30			
Peso Cilindro y malla(g)	19,90			
Peso Suelo seco (g)	61,40			
Volumen cilindro (cm <sup>3</sup> )	98,52			
Densidad (gf cm <sup>3</sup> )	0,62			
Tiempo (min)	Peso suelo humedo (g)	Volumen agua caída (cm <sup>3</sup> )	Volumen acumulado de agua perdida (cm <sup>3</sup> )	Humedad del peso total de la muestra %
0	130,60	0,00	0,00	112,70
2	128,00	2,60	2,60	108,47
4	127,20	0,80	3,40	107,17
6	126,30	0,90	4,30	105,70
8	125,70	0,60	4,90	104,72
10	125,10	0,60	5,50	103,75
12	124,60	0,50	6,00	102,93
14	124,20	0,40	6,40	102,28
16	123,80	0,40	6,80	101,63
18	123,40	0,40	7,20	100,98
20	123,00	0,40	7,60	100,33
22	122,70	0,30	7,90	99,84
32	122,30	0,40	8,30	99,19
42	122,00	0,30	8,60	98,70
52	121,70	0,30	8,90	98,21
82	121,00	0,70	9,60	97,07
112	120,30	0,70	10,30	95,93
142	119,80	0,50	10,80	95,11
152	118,90	0,90	11,70	93,65
212	117,60	1,30	13,00	91,53
272	116,60	1,00	14,00	89,90
332	115,80	0,80	14,80	88,60
392	115,20	0,60	15,40	87,62
946	113,00	2,20	17,60	84,04
1066	111,70	1,30	18,90	81,92
1196	110,00	1,70	20,60	79,15
1306	108,10	1,90	22,50	76,06
1426	106,60	1,50	24,00	73,62

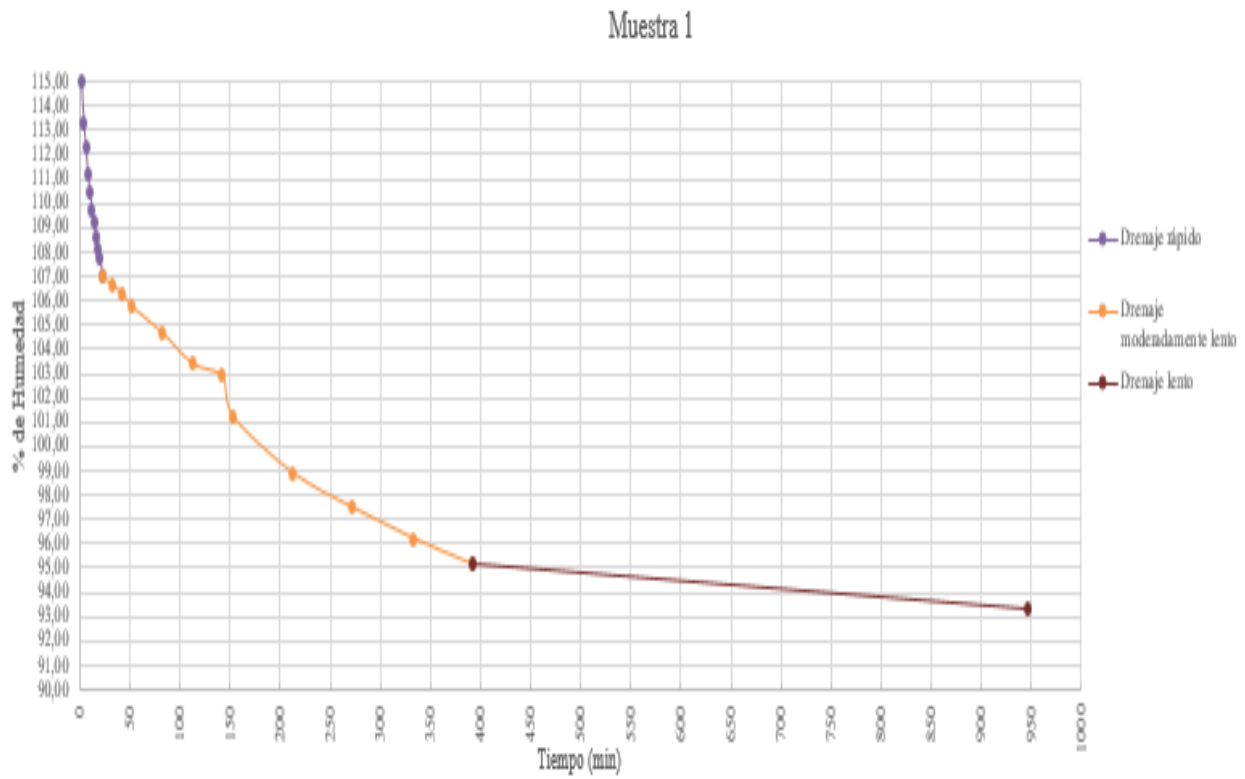
**Anexo 5.** Porcentaje de humedad para muestra 3. Fuente: Propia.

Muestra	3			
Peso de la muestra (g)	84,70			
Peso Cilindro y malla(g)	21,00			
Peso Suelo seco (g)	63,70			
Volumen cilindro (cm <sup>3</sup> )	98,52			
Densidad (g/ cm <sup>3</sup> )	0,65			
Tiempo (min)	Peso suelo humedo (g)	Volumen agua caída (cm <sup>3</sup> )	Volumen acumulado de agua perdida (cm <sup>3</sup> )	Humedad del peso total de la muestra %
0	157,50	0,00	0,00	147,25
2	155,00	2,50	2,50	143,33
4	154,20	0,80	3,30	142,07
6	153,70	0,50	3,80	141,29
8	153,30	0,40	4,20	140,66
10	153,00	0,30	4,50	140,19
12	152,60	0,40	4,90	139,56
14	152,40	0,20	5,10	139,25
16	152,30	0,10	5,20	139,09
18	152,10	0,20	5,40	138,78
20	152,00	0,10	5,50	138,62
22	151,90	0,10	5,60	138,46
32	151,60	0,30	5,90	137,99
42	151,30	0,30	6,20	137,52
52	151,10	0,20	6,40	137,21
82	150,40	0,70	7,10	136,11
112	149,70	0,70	7,80	135,01
142	149,10	0,60	8,40	134,07
152	148,10	1,00	9,40	132,50
212	146,60	1,50	10,90	130,14
272	145,50	1,10	12,00	128,41
332	144,50	1,00	13,00	126,84
392	143,80	0,70	13,70	125,75
946	141,90	1,90	15,60	122,76
1066	140,60	1,30	16,90	120,72
1186	138,80	1,80	18,70	117,90
1306	136,70	2,10	20,80	114,60
1426	135,20	1,50	22,30	112,24

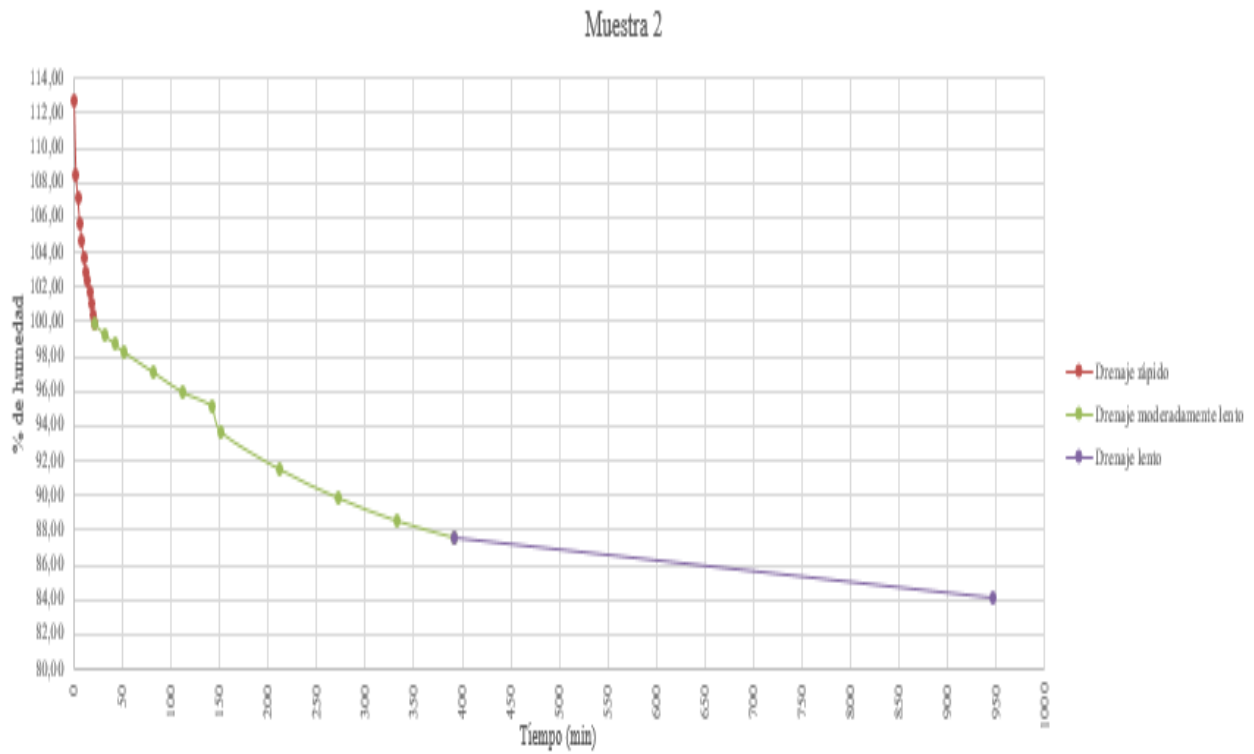
**Anexo 6.** Porcentaje de humedad para muestra 4. Fuente: Propia.

Muestra	4			
Peso de la muestra (g)	79,40			
Peso Cilindro y malla (g)	21,30			
Peso Suelo seco (g)	58,10			
Volumen cilindro (cm <sup>3</sup> )	98,52			
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0,59			
Tiempo (min)	Peso suelo humedo (g)	Volumen agua caída (cm <sup>3</sup> )	Volumen acumulado de agua perdida (cm <sup>3</sup> )	Humedad del peso total de la muestra %
0	159,90	0,00	0,00	175,22
2	157,10	2,80	2,80	170,40
4	155,80	1,30	4,10	168,16
6	154,70	1,10	5,20	166,27
8	153,80	0,90	6,10	164,72
10	153,20	0,60	6,70	163,68
12	152,70	0,50	7,20	162,82
14	152,30	0,40	7,60	162,13
16	151,80	0,50	8,10	161,27
18	151,40	0,40	8,50	160,59
20	151,10	0,30	8,80	160,07
22	150,80	0,30	9,10	159,55
32	150,30	0,50	9,60	158,69
42	150,00	0,30	9,90	158,18
52	149,70	0,30	10,20	157,66
82	148,90	0,80	11,00	156,28
112	148,10	0,80	11,80	154,91
142	147,40	0,70	12,50	153,70
152	146,60	0,80	13,30	152,32
212	145,30	1,30	14,60	150,09
272	144,40	0,90	15,50	148,54
332	143,60	0,80	16,30	147,16
392	142,90	0,70	17,00	145,96
946	140,10	2,80	19,80	141,14
1066	138,60	1,50	21,30	138,55
1186	137,00	1,80	22,90	135,80
1306	135,10	1,90	24,80	132,53
1426	133,60	1,50	26,30	129,95

Anexo 7. Curva de drenaje para la muestra 1. Fuente: Propia.



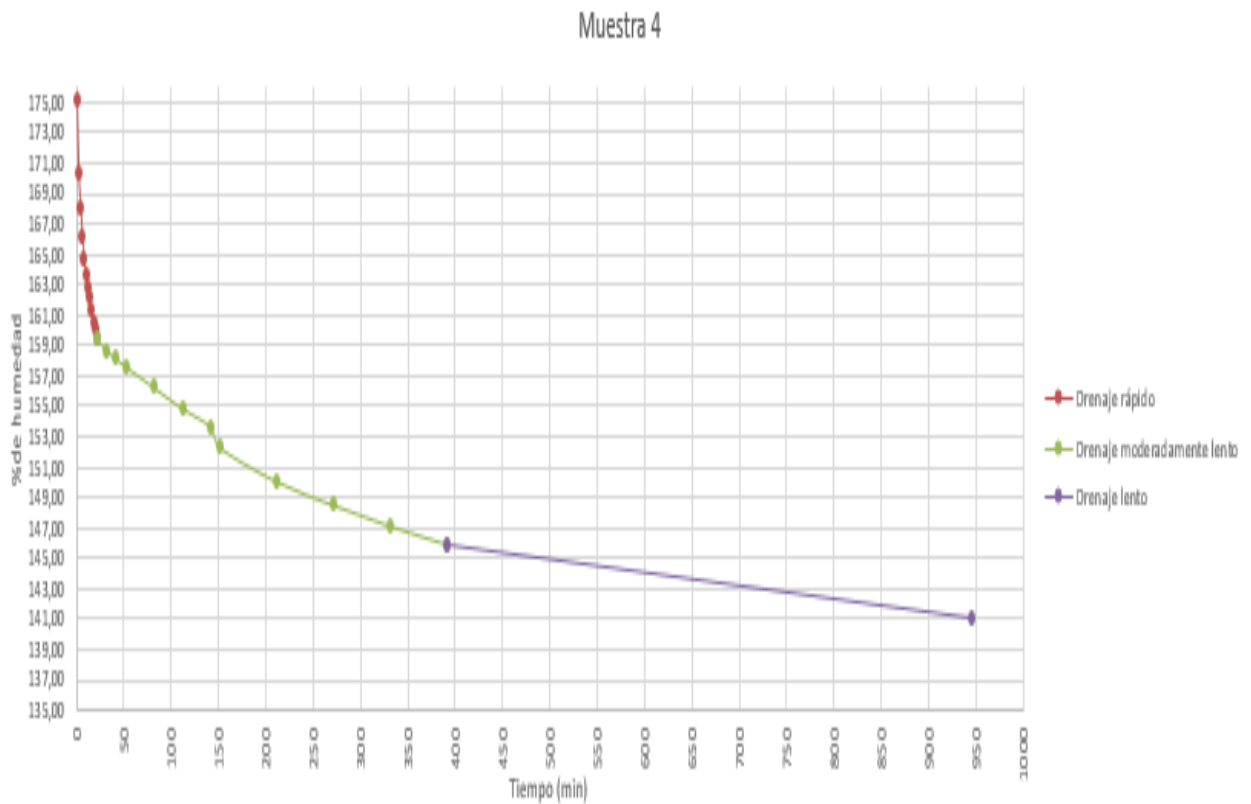
Anexo 8. Curva de drenaje para la muestra 2. Fuente: Propia.



**Anexo 9.** Curva de drenaje para la muestra 3. Fuente: Propia.




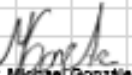


**Anexo 10.** Curva de drenaje para la muestra 4. Fuente: Propia.





Anexo 11. Análisis químico de las muestras de suelo. Fuente: CIA, 2021.

 <b>UNIVERSIDAD DE COSTA RICA</b>				
<b>CIUDAD DE LA INVESTIGACIÓN</b> <b>LABORATORIO DE SUELOS Y FOLIARES</b> <b>REPORTE DE ENSAYO</b> <b>RE-R01 (V3)</b>				
<b>N° DE REPORTE</b> 78385				
USUARIO:	DAVID JOSE COTO ULLOA			
RESPONSABLE:	DAVID JOSE COTO ULLOA			
CORREO:	d.coto.u@gmail.com			
TELÉFONO:	8618-3576			
PROVINCIA:	CARTAGO	ANÁLISIS:	C/N	
CANTÓN:	PARAÍSO	FECHA RECEPCIÓN:	30/07/2021	
LOCALIDAD:	SANTIAGO	EMISIÓN DE REPORTE:	05/08/2021	
CULTIVO:	SIN CULTIVO	N° DE MUESTRAS TOTAL:	5	
		PÁGINA:	1/1	
<b>ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS</b>				
		<b>Σ</b>		<b>Relación</b>
		<b>C</b>	<b>N</b>	<b>C/N</b>
<b>ID USUARIO</b>	<b>ID LAB</b>			
MUESTRA 1	S-21-0460	10,29	0,91	11,3
MUESTRA 2	S-21-0460	8,47	0,83	10,2
MUESTRA 3	S-21-0460	12,83	1,15	11,2
.....ÚLTIMA LÍNEA.....				
OBSERVACIÓN: El X C y N total se determinaron con el Reloanalizador de C/N por combustión seca. Los valores de X C total son relaciones máximas [R2] 0,35 el X de H <sub>2</sub> O. Si quiere obtener el valor del X H <sub>2</sub> O a partir del dato de X C total determinado con esta metodología, multiplique el X C total por 1,43.				
	 B.G. Mariánela Blanco M. N.I. 2488 Gestora de Calidad		 Ing. Agr. Michael González A. N.I. 7827 Gestora Técnica	
1. El ensayo es responsabilidad del usuario. 2. Los resultados se refieren únicamente a las muestras ensayadas. 3. El tiempo de curado de las muestras es de 45 días a partir del ingreso de la muestra. 4. El Reporte de Ensayo válido es el original firmado y sellado que se imprime a solicitud expresa del usuario; cuando el usuario solicita el envío del reporte por correo electrónico o fax libera al Laboratorio de resguardar la integridad y confidencialidad de sus resultados.				

Anexo 12. Calculo de Eto. Fuente: cropwat, 2021.

ETo Penman-Monteith Mensual - C:\Program Files (x86)\CLIMWAT 2.0 for CROPWAT V2.0\PA...

País: Location 10      Estación: PACAYAS

Altitud: 1735 m.      Latitud: 9.91 °N      Longitud: 83.81 °W

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	10.7	20.7	82	61	4.6	14.5	2.50
Febrero	10.4	21.2	78	69	4.8	15.7	2.80
Marzo	10.7	21.3	78	78	5.0	16.9	3.04
Abril	11.5	22.2	81	69	4.3	16.1	2.98
Mayo	12.2	22.4	84	61	4.3	15.9	2.94
Junio	12.6	22.5	85	52	3.8	14.8	2.79
Julio	12.4	22.2	88	52	3.0	13.7	2.60
Agosto	12.1	22.3	86	52	3.5	14.6	2.75
Septiembre	12.1	22.7	86	52	3.4	14.5	2.74
Octubre	12.1	22.2	86	52	3.2	13.5	2.53
Noviembre	11.9	21.3	84	52	3.4	12.9	2.36
Diciembre	11.3	21.0	84	52	4.3	13.6	2.38
<b>Promedio</b>	<b>11.7</b>	<b>21.8</b>	<b>84</b>	<b>58</b>	<b>4.0</b>	<b>14.7</b>	<b>2.70</b>

**Anexo 13.** Coeficiente de cultivos Kc. Fuente: FAO, s.f.

Cultivo	$K_{cb, in}^1$	$K_{cb, med}^2$	$K_{cb, fin}^3$
<b>a. Hortalizas Pequeñas</b>	<b>0,15</b>	<b>0,95</b>	<b>0,85</b>
Brócoli		0,95	0,85
Col de Bruselas		0,95	0,85
Repollo		0,95	0,85
Zanahoria		0,95	0,85
Coliflor		0,95	0,85
Apio (Céleri)		0,95	0,90
Ajo		0,90	0,60
Lechuga		0,90	0,90
Cebolla - seca		0,95	0,65
- verde		0,90	0,90
- semilla		1,05	0,70
Espinaca		0,90	0,85
Rábano		0,85	0,75
<b>b. Hortalizas – Familia de la Solanáceas</b>	<b>0,15</b>	<b>1,10</b>	<b>0,70</b>
Berenjena		1,00	0,80
Pimiento Dulce (campana)		1,00 <sup>4</sup>	0,80
Tomate		1,10 <sup>4</sup>	0,60-0,80
<b>c. Hortalizas – Familia de las Cucurbitáceas</b>	<b>0,15</b>	<b>0,95</b>	<b>0,70</b>
Melón		0,75	0,50
Pepino – Cosechado Fresco		0,95 <sup>5</sup>	0,70
– Cosechado a Máquina		0,95	0,80
Calabaza de Invierno		0,95	0,70
Calabacin (zucchini)		0,90	0,70
Melón dulce		1,00	0,70
Sandia		0,95	0,70
<b>d. Raíces y Tubérculos</b>	<b>0,15</b>	<b>1,00</b>	<b>0,85</b>
Remolacha, mesa		0,95	0,85
Yuca o Mandioca – año 1		0,70 <sup>6</sup>	0,20
– año 2		1,00	0,45
Chirivía		0,95	0,85
Papa o patata		1,10	0,65 <sup>4</sup>
Camote o Batata		1,10	0,55
Nabos (Rutabaga)		1,00	0,85
Remolacha Azucarera		1,15	0,50 <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Estos son valores de  $K_{cb}$  que representan condiciones estándar con una superficie seca del suelo. Estos valores deberán ser utilizados únicamente para la metodología del coeficiente dual  $K_{cb} + K_c$ . Los valores de la altura máxima del cultivo, para el ajuste climático de  $K_{cb}$ , están incluidos en el Cuadro 12.

<sup>2</sup> En algunas oportunidades, los frijoles (judías), guisantes, leguminosas, tomates, pimientos y pepinos se cultivan utilizando empalizadas que alcanzan los 1,5 a 2 metros de altura. En estos casos es necesario incrementar los valores de  $K_{cb}$ . Para frijoles (judías) verdes, pimientos y pepinos se puede asumir un valor de 1,10 y en el caso de los tomates, frijoles (judías) secos y los guisantes, de 1,15. Bajo esas condiciones también debe aumentarse el valor de h.

<sup>3</sup> Los valores correspondientes a la etapa de mediados de temporada para la mandioca, asumen condiciones de no-estrés durante o después de la temporada lluviosa. Los valores de  $K_{cb}$  fin toman en cuenta la dormancia (letargo) durante la estación seca.

<sup>4</sup> El valor de  $K_{cb, in}$  para las papas (patatas) es de alrededor 0,35 para papas (patatas) de ciclo largo con rotura de los estolones.

<sup>5</sup> El valor de  $K_{cb, in}$  corresponde a condiciones sin riego durante el último mes de la temporada productiva. El valor de  $K_{cb, in}$  para al remolacha azucarera será mayor, hasta 0,9, cuando ocurra riego o lluvias significativas durante el último mes.

**Anexo 14.** Perfil del suelo. Fuente propia.



## Anexo 15. Ficha técnica de la cinta de goteo. Netafim, s.f.

### → DRIPPERS TECHNICAL DATA

FLOW RATE* (L/H)	WORKING PRESSURE RANGE (BAR)	WATER PASSAGES DIMENSIONS WIDTH-DEPTH-LENGTH (MM)	FILTRATION AREA (MM²)	CONSTANT K	EXPONENT* X	RECOMMENDED FILTRATION (MICRON)/(MESH)
0.7	0.5 - 4.0	0.70 x 0.65 x 40	110	0.7	0	130/120
1.0	0.5 - 4.0	0.83 x 0.74 x 40	130	1.0	0	130/120
1.6	0.5 - 4.0	1.07 x 0.79 x 40	130	1.6	0	200/80
2.3	0.5 - 4.0	1.26 x 0.95 x 40	130	2.3	0	200/80
3.5	0.5 - 4.0	1.59 x 1.10 x 40	150	3.5	0	200/80

\* Within working pressure range

### Max. Lateral length (meter) at different inlet pressure and different slopes

UniRam™ AS 16009/16010/16012 • ID 14.2 mm • Kd 1.3 • Flow rate 0.7 l/h

	DISTANCE BETWEEN DRIPPERS (METER)									
	INLET PRESSURE (BAR)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
UPHILL 2%	1.0	83	112	135	153	168	180	190	197	204
	1.5	111	154	190	221	248	271	291	310	326
	2.0	130	182	227	267	302	334	362	388	411
	2.5	145	204	256	303	345	383	418	449	478
	3.0	158	223	281	333	380	424	463	500	534
	3.5	169	239	302	359	412	459	503	545	583
4.0	179	254	321	383	439	491	539	584	626	
FLAT TERRAIN	1.0	96	137	176	213	247	279	310	340	369
	1.5	121	174	224	270	314	356	395	434	471
	2.0	139	200	257	311	361	410	456	500	543
	2.5	153	221	284	343	400	453	504	554	600
	3.0	165	239	306	371	431	489	545	598	649
	3.5	176	254	326	395	460	522	581	637	692
4.0	185	268	344	417	485	550	613	673	731	
DOWNHILL 2%	1.0	108	163	219	275	331	387	443	500	557
	1.5	131	195	258	321	382	444	505	565	626
	2.0	148	218	288	355	422	488	553	617	681
	2.5	161	238	312	384	455	524	593	661	727
	3.0	173	254	332	409	483	557	628	698	768
	3.5	183	269	351	431	509	585	659	733	805
4.0	192	281	368	451	532	610	688	763	838	

Minimum considered pressure 0.5 bar. Max. working pressure according the dripline wall thickness definition  
Due to lateral filling time and flushing effectiveness it is not recommended to exceed 800 meters lateral length

## Anexo 16. Ficha técnica del gotero. Netafim, s.f.

### PCJ DRIPPER

COMPACT ON-LINE PRESSURE-COMPENSATING,  
CONTINUOUSLY SELF-CLEANING DRIPPER



#### TECHNICAL INFORMATION

- Recommended filtration: 130 micron / 120 mesh.  
Filtration method is to be selected based on the kind and concentration of the dirt particles existing in the water. Wherever sand exceeding 2 ppm exists in the water, a Hydrocyclone is to be installed before the main filter. When sand/ silt/ clay solids exceed 100 ppm, pre treatment will be applied according to Netafim™ expert team's instructions.
- TurboNet™ labyrinth with large water passage.
- To be "inserted" into thick-walled pipes (0.90, 1.00, 1.20 mm)
- Injected dripper, very low CV.
- 3 different outlets: nipple, barb to 3 mm ID and barb to 4 mm ID micro-tube.
- High UV resistant. Resistant to standard nutrients used in agricultural.
- PCJ on-line drippers meet ISO 9261 Standards with production certified by the Israel Standards Institute (SII).

#### DRIPPERS TECHNICAL DATA

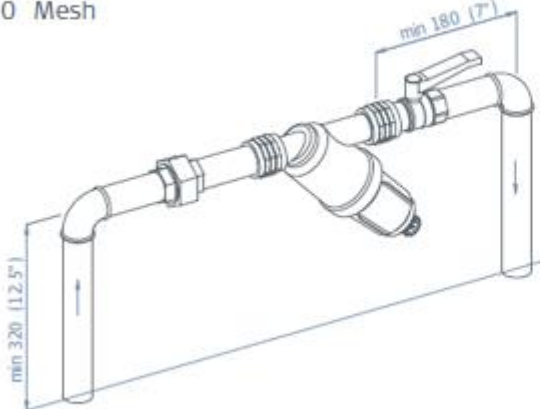
##### PCJ drippers

FLOW RATE* (L/H)	WORKING PRESSURE RANGE (BAR)	WATER PASSAGES DIMENSIONS WIDTH-DEPTH-LENGTH (MM)	FILTRATION AREA (MM²)	CONSTANT K	EXPONENT* X	BASE CODE COLOR	CAP COLOR CODE
0.5	0.5 – 4.0	0.54 x 0.60 x 40	1.8	0.5	0	Mustard	Black
1.2	0.5 – 4.0	0.67 x 0.77 x 35	2.0	1.2	0	Brown	Black
2.0	0.5 – 4.0	1.03 x 0.75 x 35	2.0	2.0	0	Red	Black
3.0	0.5 – 4.0	1.03 x 1.08 x 35	2.0	3.0	0	Blue	Black
4.0	0.5 – 4.0	1.32 x 0.95 x 35	2.0	4.0	0	Gray	Black
8.0	0.5 – 4.0	1.60 x 1.05 x 35	2.0	8.0	0	Green	Black
12.0	0.5 – 4.0	1.60 x 1.05 x 17.5	2.0	12.0	0	Fuchsia	Black
15.0	0.5 - 4.0	1.60 x 1.08 x 17	2.0	15.0	0	Black	Black

\*Within working pressure range

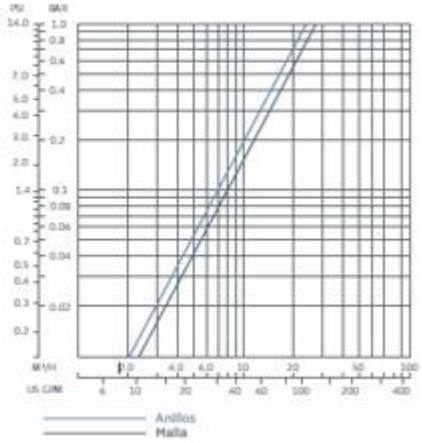
**Anexo 17.** Pérdida de carga según el caudal dado en el filtro. Fuente: Amiad, s.f.

1 1/2"  
120 Mesh



Diámetro en mm (pulgadas)

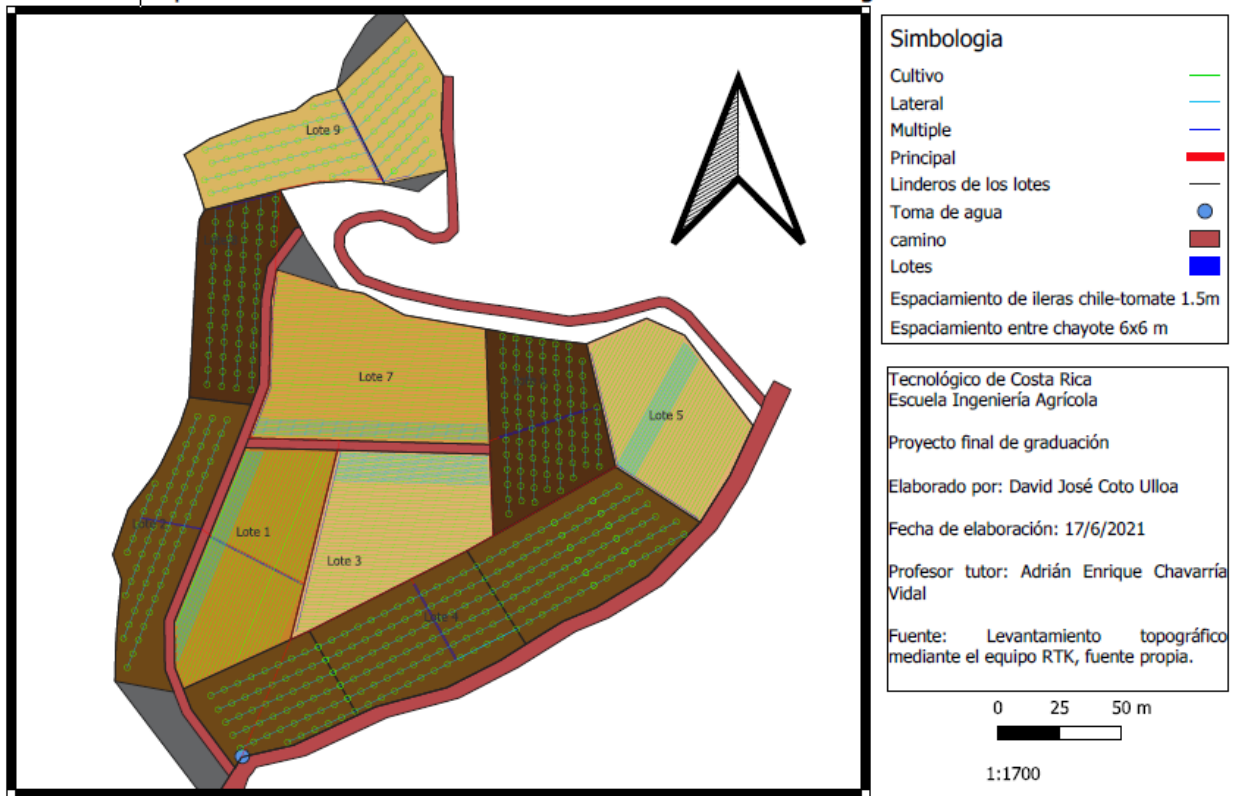
**Filtros TAGLINE Amiad**





**Anexo 18.** Mapa de las distribuciones del sistema de riego. Fuente: Propia.

Mapa de distribución de tuberías del diseño del sistema de riego





**Anexo 19.** Presión en la entrada de la toma. Fuente: Propia.



**Anexo 20.** Flujo neto del estudio económico. Fuente: Propia.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Inversión:</b>						
Materiales	₡ 7 771 590					
Gastos operativos	₡ 1 898 130					
Imprevistos 5 % de gastos	₡ 483 486					
Costo de producción		₡ 41 730 260	₡ 41 730 260	₡ 41 730 260	₡ 41 730 260	₡ 41 730 260
<b>Ingresos:</b>		₡ 46 608 406	₡ 46 608 406	₡ 46 608 406	₡ 46 608 406	₡ 46 608 406
Flujo de efectivo		₡ 4 878 147	₡ 4 878 147	₡ 4 878 147	₡ 4 878 147	₡ 4 878 147
<b>Flujo de efectivo neto</b>	-₡ 10 153 205	₡ 4 878 147	₡ 4 878 147	₡ 4 878 147	₡ 4 878 147	₡ 4 878 147

**Anexo 21.** Criterio de ponderación por la plantilla técnica de SETENA. Fuente: SETENA.

<b>1. Valor preliminar de SIA, es decir la sumatoria de todos los valores individuales (Σ)</b>		149.00	
<b>Según las regulaciones aplicables a la operación de la actividad, abra a proyecto</b>			
<b>2.a</b> Con Reglamentación específica en materia ambiental que requiera la actividad, abra a proyecto (p). Se multiplica la sumatoria de SIA (Σ) por un factor de 1.	1	<b>2.b</b> Sin Reglamentación específica en materia ambiental (p) que requiera la operación, se multiplica la sumatoria (Σ) de SIA por un factor de 2.	2
<b>2.b</b> Con compromiso del desarrollador a adherirse voluntariamente a una norma o que ambiental de construcción y operación, según correspondiente que exista para la actividad, abra a proyecto que se plantea en el DI(p). Dicha norma o que ambiental será de cumplimiento obligatorio para el desarrollador, en la que correspondiente, desde el momento en que la SETENA le otorga la viabilidad ambiental. En este	0.75		
regulaciones (SIA) -		(p)	1
<b>Página 1</b>			
<b>Clasificación del área según la zona de ubicación del proyecto (p)</b>			
<b>5.</b> Localización autorizada por Plan Regulador u otra planificación ambiental de una zona, aprobada por la SETENA, incluyendo la variable ambiental según la metodología establecida por la SETENA. Se multiplica	0.5	<b>6.</b> Localización autorizada por Plan Regulador NO aprobada por SETENA. Se multiplica el valor de SIA por un valor de 1,0 -	1
<b>7.</b> Localización en área sin Plan Regulador. Se multiplica el valor de SIA por un valor de 1,5 -	1.5	<b>8.</b> Localización en área ambientalmente frágil, excepto que este contenga en el numeral 5. Se multiplica el valor de SIA por un valor de 2 -	2
<b>Nota: Deberá brindarse la cita correcta del Plan Regulador u del Plan Ambiental de</b>			
		(p)	0.5
<b>9. Calificación final de la SIA:</b>	74.5		

**Anexo 22.** Cuestionario del análisis social. Fuente: GreenMomentum S.A.P.I de C.V, s.f.

1. ¿El proyecto tiene impactos en puestos de trabajo o condiciones laborales?

Ejemplo: El Proyecto crea nuevas oportunidades de empleo, incluyendo la generación de ingresos, mantiene condiciones de trabajo seguras y considera medidas para evitar la discriminación.

Si respondió que existen Impactos Negativos o Co-beneficios a la pregunta anterior, continúe con las preguntas específicas asociadas a este aspecto.

Preguntas específicas

1.1. ¿El proyecto tiene impactos sobre el número de empleos permanentes o de largo plazo (> 1 año)?

1.2. ¿El proyecto tiene impactos sobre el número de empleos temporales o de corto plazo (< 1 año)?

1.3. ¿El proyecto tiene impactos en materia de salud y seguridad ocupacional?

2. ¿El proyecto tiene impactos sobre la salud o la seguridad de las comunidades dentro del área de influencia?

Ejemplo: El proyecto reduce riesgos a la salud tales como enfermedades y accidentes, o mejora las condiciones de salud a través de actividades tales como la construcción de un hospital, centro de atención de salud o instalaciones sanitarias, la seguridad alimentaria, mejora la respuesta ante un posible desastre natural, evitar daños a la salud mediante reducción de contaminantes y humo en interiores.

• Si respondió que existen Impactos Negativos o Co-beneficios a la pregunta anterior, continúe con las preguntas específicas asociadas a este aspecto.

#### Preguntas específicas

2.1. ¿El proyecto tiene impactos en reducción o prevención de enfermedades o accidentes?

2.2. ¿El proyecto tiene impactos en reducción de la delincuencia?

2.3. ¿El proyecto tiene impactos en los servicios de salud (por ejemplo, hospitales, médicos, medicamentos) o en instalaciones sanitarias?

2.4. ¿El proyecto tiene impactos en la propensión y/o respuesta a desastres naturales?

3. ¿El proyecto tiene impactos en educación y capacitación?

Ejemplo: El proyecto facilita la educación, la difusión de información, o la concientización en relación con, por ejemplo, la gestión de residuos, los recursos energéticos renovables y el cambio climático a través de la construcción de una escuela, de ejecución de los programas de educación, visitas y excursiones.

• Si respondió que existen Impactos Negativos o Co-beneficios a la pregunta anterior, continúe con preguntas específicas asociadas a este aspecto.

Preguntas específicas

3.1. ¿El proyecto tiene impactos en servicios educativos (escuelas, maestros, acceso o calidad de la educación)?

3.2. ¿El proyecto tiene impactos en difusión del conocimiento?

4. ¿El proyecto tiene impactos en el bienestar social?

Ejemplo: El proyecto tiene impactos en el desarrollo comunitario y social, las condiciones de vida de la comunidad, mitigación de la pobreza.

• Si respondió que existen Impactos Negativos o Co-beneficios a la pregunta anterior, continúe con las preguntas específicas asociadas a este aspecto.

Preguntas específicas

4.1. ¿El proyecto tiene impactos en el desarrollo comunitario o social?

5. ¿El proyecto tiene impactos en la igualdad de género?

Ejemplo: El proyecto promueve la participación equitativa de hombres y mujeres en cuanto a oportunidades de empleo, remuneración, toma de decisiones, desarrollo profesional u otros beneficios.

Si respondió que existen Impactos Negativos o Co-beneficios a la pregunta anterior, continúe con las preguntas específicas asociadas a este aspecto.

Preguntas específicas

5.1. ¿El proyecto tiene impactos en la forma de vida, educación, o capacitación para mujeres?

6. ¿El proyecto tiene impactos en el patrimonio cultural?

Ejemplo: El proyecto altera la integridad física, ubicación, acceso, seguridad o características intrínsecas de patrimonio con significancia arqueológica, cultural, histórica y/o religiosa dentro del área de influencia.

Si respondió que existen Impactos Negativos o Co-beneficios a la pregunta anterior, continúe con las preguntas específicas asociadas a este aspecto.

Preguntas específicas

6.1. ¿El proyecto tiene Impactos en el patrimonio arqueológico, cultural histórico y/o religioso dentro del área de influencia?

7. ¿El proyecto tiene impactos en el desplazamiento físico o económico de personas?

Ejemplo: El proyecto ocasiona el reasentamiento de personas debido a la compra, relacionada con el proyecto, de la tierra o ciertas restricciones en el uso de suelo. El Proyecto ocasiona una pérdida o restricción en el acceso a otros bienes y recursos (por ejemplo, tierras agrícolas) que afectarían negativamente los bienes, los medios de vida y subsistencia.

Si respondió que existen Impactos Negativos o Co-beneficios a la pregunta anterior, continúe con las preguntas específicas asociadas a este aspecto.

Preguntas específicas

7.1. ¿El proyecto, en cualquiera de sus fases, involucra el Desplazamiento Físico de personas en el área de influencia?

7.2. ¿El proyecto, en cualquiera de sus fases, involucra el Desplazamiento Económico (por ejemplo, pérdida de ingresos o acceso a medios de subsistencia) de personas en el área de influencia?

**Anexo 23.** Matriz del análisis social. Fuente: GreenMomentum S.A.P.I de C.V, s.f.

Aspectos	Indicador	Tipo de impacto			Descripción del Impacto Negativo y /o Co-Beneficio	Medida de mitigación (En el Caso de ser negativo)
		NA	Impacto Negativo	Co-Beneficio		
Trabajo y condiciones laborales	Empleos permanentes o de largo plazo (> 1 año)					
	Empleos temporales o de corto plazo (< 1 año)					
	Número de Empleos generados					
Educación y Capacitación	Difusión del conocimiento					
	Impactos en educación y capacitación					
Bienestar social	Desarrollo comunitario y social					
Igualdad de género	Forma de vida, educación, capacitación para mujeres.					
Patrimonio cultural	Afectación a patrimonio arqueológico, cultural histórico y religioso.					
Desplazamiento	Desplazamiento físico					
	Desplazamiento económico					