Universidad Nacional de Ingeniería

Área de Conocimiento de Agricultura

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA EL CULTIVO DE PLATANO (MUSA PARADISIACA) VARIEDAD CENSA ¾ EN LA FINCA EBENEZER UBICADA EN LA COMARCA EL TIMAL, MUNICIPIO DE TIPITAPA DEPARTAMENTO DE MANAGUA AÑO 2025”.

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Br. Jadde Arabell Quintanilla Lara
Carnet: 2020-0400U

Br. Jacson Ignacio Cortez Flores
Carnet: 2018-0877U

Tutor:

Ing. Walter Arnulfo Solórzano Guerrero

27 de julio de 2026
Managua Nicaragua

ÍNDICE

I. INTRODUCCION 1
II. ANTECEDENTES 2
III. JUSTIFICACION 3
IV. OBJETIVOS 4
4.1. Objetivo General 4
4.2. Objetivos Específicos 4
V. MARCO TEORICO 5
5.1. Generalidades del cultivo de plátano 5
5.1.1. Clasificación taxonómica del cultivo del cultivo de plátano 6
5.1.3. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo 6
5.2. Propiedades físicas del suelo 8
5.2.1. Textura del suelo 8
5.2.2. Densidad aparente 8
5.2.3. Densidad real 8
5.2.4. Porosidad 8
5.3. Propiedades hidrofisicas del suelo 9
5.3.1. Capacidad de campo 9
5.3.2. Punto de marchitez permanente 9
5.3.3. Porcentaje de humedad 9
5.3.4. Velocidad de infiltración 9
5.4. Topografia 10
5.4.1. Planimetría 10
5.4.2. Altimetría 10
5.5. Generalidades del sistema de riego por goteo 10

5.5.1. Componentes del sistema de riego por goteo 11
5.6. Etapas del diseño de riego por goteo 13
5.6.1. Diseño agronómico 13
5.6.2. Diseño geométrico 15
5.6.3. Diseño hidráulico 15
5.7. Costos de inversión del sistema de riego por goteo 16
VI. DISEÑO METODOLOGICO 17
6.1. Diseño de la investigación 17
6.1.1. Según el enfoque de la investigación 17
6.1.2. Según el alcance de los resultados 17
6.1.3. Según el periodo de ocurrencia 17
6.1.4. Según el periodo en que se realiza el estudio 17
6.2. Descripción del área de estudio 18
6.2.1. Macro localización 18
6.2.2. Micro localización 19
6.3. Análisis de las propiedades hidrofisicas del suelo 20
6.4. Análisis de la información topográfica de la zona de estudio 24
6.5. Elaboración del sistema de riego por goteo 25
6.5.1. Diseño agronómico 25
6.5.2. Diseño geométrico 30
6.5.3. Diseño hidráulico 30
6.6. Potencia del equipo de bombeo 32
6.7. Determinación de los costos de inversión 33
VII. ANALISIS Y PRESENTACION DE LOS RESULTADOS 34
7.1. Topografía de la zona de estudio. 34

7.2. Determinación de las propiedades hidrofisicas del suelo 36
7.3. Diseño de sistema de riego por goteo 40
7.3.1. Diseño agronómico 40
7.3.2. Diseño geométrico 47
7.3.2. Diseño hidráulico 50
7.3.3. Costo y presupuesto del proyecto 56
VIII. CONCLUSIONES 62
IX. RECOMENDACIONES 63
X. ANEXOS 64
XI. BIBLIOGRAFIA 89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificacion Taxonomica 6
Tabla 2. Datos obtenidos de las propiedades hidrofisicas del suelo. 36
Tabla 3 Clasificación de la velocidad de infiltración 40
Tabla 4 Coeficiente único del cultivo Kc para plátano. 41
Tabla 5. Resultados del diseño agronómico 47
Tabla 6. Caudal de válvulas del sistema 49
Tabla 7. Perdida de presión del turno 4 del sistema de riego por goteo. 53
Tabla 8. Pérdidas generadas en los accesorios de la sarta de descarga 54
Tabla 9. Lista de materiales para el sistema de riego por goteo 57
Tabla 10. Lista de materiales sarta de descarga 58
Tabla 11. Lista de materiales miscelanos 59
Tabla 12. Costo de mano de obra 60
Tabla 13. Costo total del sistema 61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Representación de las partes que conforman al cultivo de plátano. 5
Figura 2 Componentes principales de un sistema de riego por goteo..... 13
Figura 3. Macro localización de la zona de estudio..... 18
Figura 4. Micro localización de la zona de estudio 19
Figura 5. Diagrama triangular para determinar la textura del suelo..... 20
Figura 6. Plano topográfico del área de estudio 35
Figura 7. Porcentaje de los agregados del suelo 37
Figura 8. Velocidad de infiltración del suelo en función del tiempo 39

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Volumen del cilindro 21
Ecuación 2. Densidad Aparente 21
Ecuación 3. Densidad real 21
Ecuación 4. Porosidad total 22
Ecuación 5. Capacidad de campo 22
Ecuación 6. Punto de marchitez permanente 23
Ecuación 7. Porcentaje de humedad 23
Ecuación 9. Evapotranspiracion real 25
Ecuación 11. Lamina bruta de riego 26
Ecuación 12. Caudal requerido 26
Ecuación 13. Intensidad de aplicación 27
Ecuación 14.Caudal por hectárea 27
Ecuación 15. Caudal total 28
Ecuación 16. Turnos de riego 28
Ecuación 17. Área de turno 28
Ecuación 18.. Tiempo de puesta 29
Ecuación 19. Caudal de bombeo 29
Ecuación 20. Jornada de riego 29
Ecuación 21. Perdidas por fricción de Hazen Willians 30
Ecuación 22. Velocidad en función del caudal 31
Ecuación 23. Diámetro de la tubería 31
Ecuación 24. Carga total dinámica 32
Ecuación 25. Potencia del equipo de bombeo 32

DEDICATORIA

Dedico este logro, antes que nada, a Dios, quien ha sido mi sustento constante. A él le debo la oportunidad de culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mi madre, Claudia Flores, cuyo amor incondicional y confianza en mí fueron el impulso que me sostuvo cuando parecía imposible continuar. Gracias por tu sacrificio silencioso, por creer en mí incluso cuando los recursos escaseaban. Este triunfo es tuyo tanto como mío.

A mi padre, Norlan Cortez, por su ejemplo de esfuerzo, por sus consejos siempre oportunos y por estar presente aun en los pequeños detalles que marcaron mi camino.

A mis abuelitos, Donald Flores que hoy me acompaña desde el cielo y Lucía Urbina, por ser faros de amor, disciplina y ternura. Más que abuelos, han sido mis segundos padres. Llevan en sus manos una parte de todo lo que hoy he logrado.

A mi compañera de tesis, Jadde Quintanilla, por su dedicación, su entrega y la amistad que nació en este proceso. Gracias por caminar conmigo cada paso de este proyecto.

A mis hermanitas, Esther y Lucía, quienes llenan mi vida de propósito. Que este logro sea un recordatorio de que los sueños se alcanzan con esfuerzo; deseo ser para ustedes un ejemplo y una guía en el camino que elijan.

Y finalmente, al Ing. Walter Solórzano, nuestro tutor, por guiarnos con paciencia, compromiso y profesionalismo. Su apoyo fue clave para que este trabajo se convirtiera en una realidad.

A todos ustedes, con gratitud infinita, dedico este logro.

Br. Jacson Ignacio Cortez Flores.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios, quien me ha dado salud, inteligencia y la resiliencia necesaria para no renunciar en los momentos difíciles. Gracias a Él he contado con todo lo indispensable para culminar mi carrera.

A mi madre, Claudia Flores, por depositar siempre su confianza en mí, incluso en los días más duros. Aun cuando no tenía los recursos para asistir a la universidad, nunca dudó en brindarme su apoyo incondicional. Ella es mi mayor orgullo y la razón por la que hoy puedo celebrar haber alcanzado esta meta.

A mi padre, Norlan Cortez, por estar siempre presente, por sus consejos, su ayuda constante y por ser un ejemplo de esfuerzo y sacrificio.

A mis abuelitos, Donald Flores quien ya descansa en el cielo y Lucia Urbina, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida. Más que abuelos, han sido como padres para mí. Sus palabras, su amor, su dedicación, los días en que me prepararon el desayuno para ir a la escuela, sus consejos y su orgullo hacia mí han sido el motor que me impulsó a no rendirme.

A mi compañera de tesis, Jadde Quintanilla, sin cuya dedicación nada de esto habría sido posible. Sus horas de trabajo compartidas, su esfuerzo y la motivación mutua hicieron posible concretar nuestro estudio.

A mis hermanitas, Esther y Lucía, quienes son mi mayor fuente de inspiración. Mi deseo es ser un buen ejemplo para ellas, ofrecerles un mejor futuro y acompañarlas de la mano en la profesión que elijan.

A mi gran amigo, Jovan Betanco, por sus consejos y por ser un ejemplo de que la dedicación y el trabajo, cuando se realizan con inteligencia y excelencia, siempre dan buenos resultados.

A nuestro tutor el Ing. Walter Solorzano, por su gran entrega como docente, por siempre estar disponible a cualquier duda y consulta, por ser nuestro guía en este proceso.

Br. Jacson Ignacio Cortez Flores.

DEDICATORIA

Este trabajo monográfico va dedicado principalmente a Dios, ya que sin él esto no hubiera sido posible, solo puedo decir: Dios es bueno.

A mis padres, por luchar siempre para darme lo mejor, por cada sacrificio realizado para sacarme adelante cada día, Gracias a ustedes hoy soy la persona que soy.

Br. Jadde Arabell Quintanilla Lara.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por la vida, la salud, y la sabiduría que me ha concedido para culminar esta etapa tan importante en mi formación profesional.

A mis padres, Álvaro Dioniso Quintanilla y Georgina Beatriz Lara, lo más valioso que tengo. Gracias por su amor incondicional, por acompañarme en cada paso, por animarme siempre y por estar a mi lado en cada momento, este logro también es de ustedes, los amo infinitamente con todo mi corazón.

A mi compañero de tesis y amigo Jacson Ignacio Cortez, por su colaboración y apoyo durante el desarrollo de este trabajo monográfico que, a pesar de la circunstancia, juntos hicimos realidad este sueño.

A nuestro tutor de tesis Ing**.** Walter Solorzano Guerrero por su dedicación, orientación y paciencia ante cualquier duda a lo largo de este proceso, gracias por estar dispuesto a orientarnos, su acompañamiento constante fue fundamental para culminar esta monografía con éxito.

Br. Jadde Arabell Quintanilla Lara.

RESUMEN

Este documento aborda la optimización del recurso hídrico en zonas con limitaciones de humedad y condiciones climáticas cambiantes en el Pacífico de Nicaragua, mediante el diseño de un sistema de riego por goteo para el cultivo de plátano ***(Musa paradisiaca)*** variedad CENSA 3/4 en la Finca Ebenezer, ubicada en la comarca El Timal, municipio de Tipitapa. El objetivo principal fue diseñar un sistema presurizado ajustado rigurosamente a las demandas hídricas del cultivo en su etapa de mayor requerimiento fenológico. La metodología adoptada presenta un enfoque mixto de alcance descriptivo y transversal.

Se evaluaron las propiedades hidrofísicas del suelo in situ mediante el método de Porchett y análisis de laboratorio, determinando una textura arcillosa, un pH de 7.24 y una velocidad de infiltración de 1.34 cm/h. Asimismo, se empleó el software Cropwat para el procesamiento de datos climáticos de un periodo de 10 años (2015-2025) y AutoCAD para el modelado geométrico de la red.

En cuanto a parámetros de diseño obtenidos para el área de 5.69 ha, se estableció una evapotranspiración real máxima (ETr) de 8.77 mm/día y una lámina neta corregida de 9.23 mm/día, para satisfacer esta demanda, el área se distribuyó geométricamente en 4 turnos de riego de 1.42 ha cada uno, con un tiempo de puesta de 3 horas por turno y una jornada diaria total de 12 horas.

El diseño hidráulico determinó una carga total dinámica (CTD) de 57.77 mca y un caudal de bombeo requerido de 43 m^3/h (187 gpm), seleccionándose una bomba sumergible de 15 HP. Finalmente, se elaboró el presupuesto general de la obra lo cual cuantificó una inversión de U$ 14,197.27, este resultado consolida el estudio como una propuesta técnicamente eficiente y económicamente factible.

I. INTRODUCCION

El riego por goteo es una técnica de riego que permite aplicar agua y nutrientes directamente a la raíz de las plantas. Su relevancia ha crecido exponencialmente debido a su eficiencia en el uso del agua, especialmente en regiones donde este recurso es escaso. Estudios recientes muestran que el riego por goteo puede aumentar la eficiencia del uso del agua hasta en un 90% comparado con métodos tradicionales. (AZUD, 2024).

La finca Ebenezer, ubicada en la comarca el Timal, municipio de Tipitapa, departamento de Managua, proyecta establecer un cultivo de plátano ***(Musa Paradisiaca)*** en un área de 5.69 ha, no obstante, la finca no dispone de un sistema de riego previamente establecido. Esta situación adquiere mayor relevancia debido a que Tipitapa se localiza en la región del Pacifico de Nicaragua, caracterizada por un régimen de precipitaciones estacional, con una época seca prolongada durante la cual las precipitaciones resultan insuficientes para satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo, por lo que surge la necesidad de diseñar un sistema de riego que garantice un suministro adecuado y uniforme de agua.

El aporte de este estudio radica en proporcionar las bases técnicas para el establecimiento del primer sistema de riego por goteo en la finca Ebenezer, la cual servirá como referente para el desarrollo del cultivo de plátano y para la planificación de futuras áreas de producción.

Con base a esta problemática, la investigación tuvo como objetivo diseñar un sistema de riego que permitiera satisfacer los requerimientos hídricos, para ello, se recopiló y analizó información climática, edáfica, y topográfica del área de estudio; posteriormente se desarrolló el diseño agronómico, geométrico e hidráulico, obteniéndose como resultado una propuesta técnica para la implementación del sistema orientada al aprovechamiento del recurso hídrico y al establecimiento del cultivo en la finca.

II. ANTECEDENTES

De acuerdo con Zamora **(2021)** diseñó un sistema de riego por goteo para 3.081 ha de plátano en Rivas, utilizando GPS, aforo volumétrico (79.33 GPM) y análisis de laboratorio que caracterizaron un suelo franco altamente poroso; mediante AquaCrop determinó una demanda de 8.17 mm/día, cubierta con tres turnos de 6.14 horas, con un costo de US$ 7,135.72, validando la viabilidad técnica y económica del riego tecnificado en musáceas del Pacífico nicaragüense.

Luna Fernando & Pérez Erasmo **(2012)** diseñaron un sistema de riego por goteo con bombeo fotovoltaico para 1.6 mz de plátano (*Musa paradisiaca*) en la finca “Ojo de Agua”, San Francisco Libre. Mediante levantamiento topográfico, análisis de suelo y agua (UNA/UNI, textura arcillosa) y CROPWAT 8.0, determinaron una evapotranspiración máxima de 5.58 mm/día y una demanda de 24.75 L/planta/día, cubierta con goteros de 8 L/h en 4 sectores; el arreglo fotovoltaico (10 módulos Isofotón, bomba Kyocera) bombeó 27,481 L/día, demostrando la efectividad de la energía renovable para el riego de plátano.

Cortez Allan & Acuña Ana **(2024)** diseñaron un sistema de riego por goteo para 7.5 ha de maíz (*Zea mays*) en la finca El Delirio, Nindirí. Mediante análisis de laboratorio (UNI-RUSB) caracterizaron un suelo Franco Arcilloso (CC 48.14%, PMP 26.16%) con infiltración moderadamente lenta (Porchet, 7.49 mm/h), y con CROPWAT determinaron una ETo máxima de 5.97 mm/día y una lámina diaria de 7.54 mm en 9 turnos, con una inversión de US$ 15,088.36 (US$ 1,408.81/mz), lo cual reafirma el impacto técnico-económico del goteo en cultivos anuales de ciclo corto.

En conjunto, estos antecedentes respaldan el diseño de riego por goteo mediante caracterización edafoclimática y software especializado (AquaCrop, CROPWAT), y constituyen la referencia técnica directa del presente trabajo.

III. JUSTIFICACION

El cultivo de plátano ***(Musa Paradisiaca)*** es una de las principales actividades agrícolas de gran importancia económica y social en Nicaragua, cultivándose principalmente en la región del pacifico, sin embargo, la producción de este cultivo se enfrenta a diversos desafíos, entre los cuales se encuentra la disponibilidad de agua para todo el ciclo vegetativo, en este contexto el sistema de riego por goteo ofrece una alternativa innovadora, ya que permite suministrar agua directamente a la zona radicular del cultivo, permitiendo una distribución eficiente del agua reduciendo las perdidas por evapotranspiración y escorrentía.

La implementación de un sistema de riego por goteo en las plantaciones de plátano, no solo optimiza el recurso hídrico, sino que también contribuye al aumento de la productividad y mejorar la calidad del fruto al mismo tiempo que favorece a la sostenibilidad ambiental.

Cuando una planta de plátano crece con limitaciones de humedad su tamaño es más bajo y su desarrollo vegetativo es más lento comparado con plantas que se desarrollan con riego. La planta de plátano está constituida en un 85% por agua por lo que la planta necesita tener riego para su desarrollo normal. (MEFCCA, 2020).

Este estudio busca contribuir en la producción de plátano ***(Musa Paradisiaca)*** en la finca Ebenezer, municipio de Tipitapa, ya que anteriormente nunca se ha implementado riego en esa área, así mismo esto permite a los productores a incrementar su eficiencia productiva, y al estar preparados ante las condiciones cambiantes de nuestro país.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de riego por goteo en la finca Ebenezer en un área 5.69 ha del cultivo de plátano ***(Musa paradisiaca)*** variedad Censa ¾, ubicada en la comarca el Timal, municipio de Tipitapa departamento de Managua año 2025.

4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar las propiedades hidrofisicas del suelo y la topografía del área de estudio donde se realizará el diseño de riego por goteo.

- Elaborar un diseño agronómico, geométrico e hidráulico del sistema de riego por goteo de la finca Ebenezer que satisfaga las necesidades hídricas del cultivo.

- Determinar los costos de inversión del sistema de riego por goteo del cultivo de plátano ***(Musa Paradisiaca)*** en la comarca el Timal, municipio de Tipitapa, departamento de Managua.

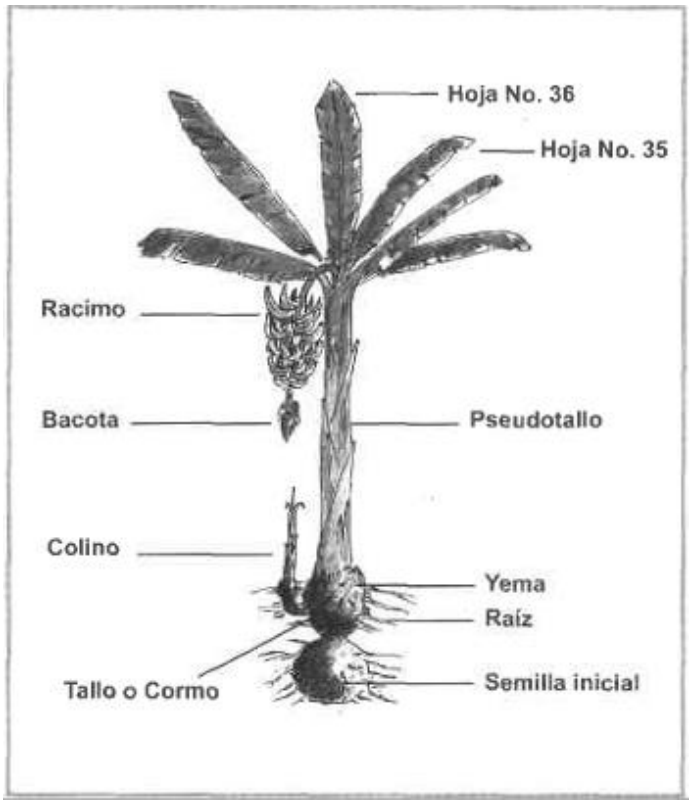
V. MARCO TEORICO

5.1. Generalidades del cultivo de plátano

El plátano pertenece a la familia Musácea y al género Musa, una plata de plátano está conformada por las siguientes partes: raíz, tallo. pseudotallo, yema, hojas y racimo o inflorescencia" (Arcila et al,1999).

Figura 1.

Representación de las partes que conforman al cultivo de plátano.



Nota. Tomado de Arcila et al.(1999).

5.1.1. Clasificación taxonómica del cultivo del cultivo de plátano

Tabla 1.

Clasificacion Taxonomica

Reino	Plantae
Division	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Familia	Musacea
Especie	Paradisiaca
Nombre	Musa Paradisiaca L

Nota. Torres,(2017) citado por, Ramon, (2021).p.14 la clasificacion taxonomica del cultivo de platano

5.1.2. Variedad CENSA 3/4

Es una variedad muy similar a la variedad cuerno enano en cuanto a su morfología y porte bajo, oscila entre los 2.3 y 3 m con un promedio de 2.7 m lo que la hace más resistente al acame causado por el viento. (MEFCCA, 2020).

5.1.3. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo

De acuerdo con una guía técnica del (MEFCCA, 2020) acerca del establecimiento y manejo del cultivo del plátano se presenta los siguientes requerimientos:

- **Temperatura**

Los requerimientos oscilan entre los 26 a 30℃, esta tiene un efecto relevante en el desarrollo del fruto ya que las temperaturas más bajas alargan la cosecha un poco más de un mes en comparación a lo normal.

- **Suelo**

Se requieren suelos con profundidad no menor a 1.2 m de textura franco o franco arcillo limoso.

- **Agua**

Requiere cantidades abundantes de agua, entre 1800 mm a 2500 mm distribuidos en todo el año. Las necesidades hídricas mensuales entre 150 mm a 250 mm y por día ente los 5 a 10 litros diarios según la edad de la planta.

- **pH**

Para el cultivo de plátano se recomienda un pH moderamente acido (5.8 a 6.5); en este rango facilita la disponibilidad de nutrientes.

- **Luminosidad**

El plátano requiere como mínimo 6 a 8 horas de sol al día, en la zona del pacifico de nuestro país se cuenta con buenas condiciones de luminosidad a diferencia de la zona norte.

- **Viento**

Las plantaciones deben de establecerse en zonas con velocidades no mayores de 20 km por hora, dado a que se producen daños en el área foliar y perdidas en la producción de hasta un 40% induciendo a una maduración precoz del racimo y volcamiento.

- **Pendiente**

Lo ideal para poder implementar un sistema de platanero y con riego eficiente es una pendiente no mayor al 2%. (MEFCCA, 2020).

5.2. Propiedades físicas del suelo

La condición física de un suelo determina su capacidad de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la circulación del aire, la capacidad de almacenamiento de agua y de drenaje y la retención de nutrientes, entre otros factores que definen la potencialidad productiva del mismo.

5.2.1. Textura del suelo

“La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo”. (FAO, 1994).

5.2.2. Densidad aparente

La densidad aparente es la cantidad de partículas sólidas contenidas en un volumen de suelo; por tanto, informa acerca del grado de compactación del suelo a menor valor de densidad aparente, el suelo está menos compactado: a menor valor de densidad aparente, el suelo esta menos compactado. Además, refleja la capacidad el suelo para proporcionar soporte, ya que la compactación disminuye la estructura del suelo y la capacidad de las raíces para profundizar y extenderse (Araujo & Avalos, 2023).

5.2.3. Densidad real

La densidad real es la relación entre la masa del suelo seco y el volumen de sólidos, es decir, descontamos del volumen del suelo el relacionado con la porosidad. Es una densidad comparable a un material totalmente compactado (destruyendo su estructura natural). Su valor estándar es de 2.65 g/cm$^{3.}$ (Gisbert et al. 2012).

5.2.4. Porosidad

Se refiere a la relación entre los espacios vacíos **(poros)** y el volumen total del suelo, estos espacios vacíos son donde se almacena el aire y el agua, se determinará en porcentaje por medio del cálculo de la porosidad total que es el cociente de la densidad aparente y densidad real.

5.3. Propiedades hidrofisicas del suelo

Estas propiedades son aquellas características que determinan como el agua se mueve, se almacena y se comporta dentro del suelo.

5.3.1. Capacidad de campo

La Capacidad de Campo (CC) queda representada por la cantidad de agua que un suelo saturado es capaz de retener luego de haber sido drenado por 24 a 48 horas y que en la matriz del suelo queda retenida a una tensión de 1/3 de atmósfera.

5.3.2. Punto de marchitez permanente

El Punto de Marchitez Permanente (PMP), es la cantidad de agua que posee un suelo donde las plantas se marchitan permanentemente, sin poder recuperarse, aun habiendo un riego. El agua está retenida a una tensión de 15 atmósferas, muy superior a la tensión que podría generar la raíz de una planta para extraerla.

5.3.3. Porcentaje de humedad

Se considera humedad de suelo a la cantidad total de agua que hay en los poros del suelo o en su superficie. Puede expresarse como un porcentaje, agua por peso o volumen, o pulgadas de agua por pie de suelo. (Cherlinka, 2023).

5.3.4. Velocidad de infiltración

De acuerdo con Barria et al.(2021), la cantidad de agua por unidad de tiempo (velocidad de infiltración) que entra al suelo depende no sólo de la capacidad de éste de almacenar agua, sino también de la velocidad con que el agua se transmite en cada estrata y el paso a las de mayor profundidad o las demás estratas del perfil de suelo.

“Los suelos con una mayor proporción de arena presentan una velocidad de infiltración mayor. Por el contrario, los suelos con alto contenido de arcilla tienen una velocidad de infiltración baja”, (Barria et al, 2021).

5.4. Topografia

5.4.1. Planimetría

La Planimetría es una técnica fundamental en el diseño de sistemas de riego, ya que se refiere a la representación gráfica y precisa de las características de una superficie en dos dimensiones. Este tipo de representación permite observar el terreno sin tener cuenta su altitud, enfocándose en las distancias y relaciones horizontales entre los distintos puntos que forman parte de un área.

5.4.2. Altimetría

La Altimetría es una técnica fundamental en el diseño de sistemas de riego, ya que se refiere al estudio y representación de las variaciones en la altura o elevación del terreno. A diferencia de la planimetría, que representa las distancias horizontales, la altimetría describe cómo cambian las elevaciones de un área, lo que es crucial para entender la topografía del terreno y para tomar decisiones clave en la planificación y operación de los sistemas de riego.

5.5. Generalidades del sistema de riego por goteo

El riego por goteo es un sistema presurizado donde el agua se conduce y distribuye por conductos cerrados que requieren presión. Desde el punto de vista agronómico, se denominan riegos localizados porque humedecen un sector de volumen de suelo, suficiente para un buen desarrollo del cultivo. Los sistemas de riego por goteo permiten conducir el agua mediante una red de tuberías y aplicarla a los cultivos a través emisores (Goteros) que entregan pequeños volúmenes de agua en forma periódica. (Liotta, 2015).

5.5.1. Componentes del sistema de riego por goteo

De acuerdo con Liotta, et al (2015) un equipo de riego presurizado básicamente consiste en:

- La fuente de abastecimiento de agua
- Cabezal principal
- Tuberías de conducción principales
- Cabezales de campo
- Tuberías terciarias
- Laterales de riego con emisores

- **Tuberías de conducción:**

Estas líneas son las tuberías de abastecimiento de agua. La línea principal comienza en la descarga del centro de control y tiene su terminación ya sea en el caballete o en el lugar donde se bifurca dando lugar a dos líneas sub principales comúnmente llamadas manifold, las tuberías más empleadas son de cloruro de polivinilo (PVC) y de polietileno.

- **Unidad de bombeo:**

Esta debe ser configurada para satisfacer las demandas de presión y flujo que el sistema de riego por microaspersión necesita.

- **Filtración:**

Esta es la parte del centro de control que se dedica a remover las impurezas presentes en el agua.

- **Válvula de control:**

Entre éstas podemos encontrar, válvulas check o unidireccionales y válvulas de compuerta.

- **Válvulas de seguridad:**

Entre estas se encuentran principalmente una válvula reguladora de presión.

- **Válvulas aliviadoras de aire y vacío:**

Son colocadas en las partes altas del terreno en las tuberías principales subterráneas para desalojar el aire que queda atrapado dentro de ellas.

- **Válvulas aliviadoras de presión:**

Su función es proteger la línea de conducción principal, de repentinos excesos de presión causados por cierres rápidos de a válvulas, (Granados, 2015).

- **Caballete:**

El caballete es el punto de unión entre la tubería principal y la línea del manifold.

- **Manifold:**

Este es el punto de partida del sistema de riego, donde el agua es distribuida a través de las líneas de riego por tuberías de PVC instaladas bajo tierra.

- **Laterales de riego:**

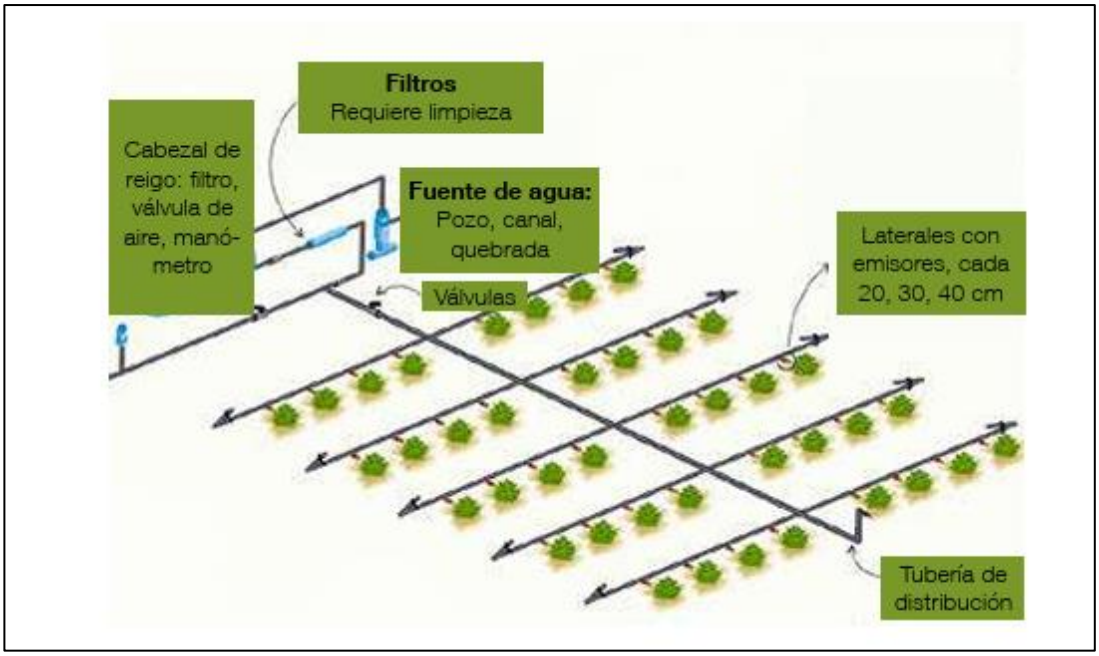
Son tuberías que se ubican dentro del cultivo a lo largo de la hilera de las plantas, normalmente son de 16 y 20 mm, el material es de polietileno.

- **Lavado final:**

Su propósito es drenar el agua sucia que fluye de la tubería, lo cual es esencial para prevenir la obstrucción de los goteros.

Figura 2.

Componentes principales de un sistema de riego por goteo



Nota. Tomado de (Valverde, 2022).

5.6. Etapas del diseño de riego por goteo

5.6.1. Diseño agronómico

El diseño agronómico consiste en determinar los parámetros requeridos para que el manejo del riego a nivel de parcela satisfaga las necesidades de los cultivos en todas sus etapas, considerando las dosis, frecuencia y duración del riego, según número de goteros y caudal.

- **Coeficiente del cultivo Kc**

El coeficiente Kc varía a lo largo del ciclo vegetativo, con la fecha de plantación o siembra, textura y estructura del suelo, métodos de riego, sistemas de manejo y condiciones climáticas.

- **Evapotranspiración (ET)**

Según Uribe & Ruiz (2024) describen que la Evaporación (E) es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y la Transpiración (T) consiste en la vaporización del agua contenida en los tejidos vegetales y su paso a la atmósfera. En conjunto la Evaporación y la Transpiración constituyen la Evapotranspiración (ET).

- **Evapotranspiración de referencia (ETo)**

De acuerdo con FAO (2006) detalla que el concepto de evapotranspiración de referencia se introdujo para estudiar la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, independientemente del tipo y desarrollo del cultivo, y de las prácticas de manejo, y destacando que la ETo es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos. ETo expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas, y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo.

- **Evapotranspiración real (ETR)**

Ortiz (2011), describió que la evapotranspiración real del cultivo es la combinación del agua transpirada por los cultivos y de la evaporada directamente desde el suelo hacia la atmósfera y se calcula como el producto entre la evapotranspiración potencial por el coeficiente de cultivo Kc.

- **Intensidad de aplicación**

Se refiere a cómo el agua interactúa con el suelo al primer contacto. Los sistemas de riego varían en cómo aplican agua, ya sea en corrientes concentradas o en un patrón disperso.

- **Lamina de riego**

La lamina de riego no es más que la cantidad de agua que necesita y se aplica diariamente al suelo para el desarrollo del cultivo, se expresa en mm.

- **Caudal por hectárea**

El caudal por hectárea en agricultura se refiere a la cantidad de agua que se aplica por unidad de superficie (hectárea) para el riego de cultivos.

- **Turnos de riego**

“Un turno de riego ocurre cuando se riega un bloque individual, no cuando todos los bloques se riegan al mismo tiempo” (Rivulis, 2023).

- **Frecuencia de riego**

La frecuencia de riego se define como el periodo con que se aplica agua a un cultivo en particular en una etapa determinada en crecimiento, y se expresa en días.

5.6.2. Diseño geométrico

El diseño geométrico de sistemas de riego define la disposición y dimensiones de los componentes, considerando factores como el tamaño del área, la geometría del terreno, el tipo de cultivo y el suelo. Es crucial para una distribución eficiente del agua. En riego por goteo, es una de las tres partes clave junto con el diseño agronómico y el hidráulico. Esto asegura un riego adecuado y optimizado (Ángeles, 2019).

5.6.3. Diseño hidráulico

El diseño hidráulico se refiere a la determinación de los diámetros de las tuberías de conducción y distribución a utilizar, para lo cual se requiere estimar las eficiencias del sistema, que dependen de tres factores: manejo del riego (pérdidas de carga, caudal, etc), mantenimiento del sistema y el coeficiente de uniformidad. (Valverde, 2022).

5.7. Costos de inversión del sistema de riego por goteo

El costo de instalación se divide en los siguientes equipos:

- **Cabezal de riego:**

En donde se reflejan los equipos y materiales empleados en la instalación del cabezal de riego como son las bombas de riego.

- **Red de riego:**

Se encuentran los materiales necesarios para la aplicación de agua en la parcela.

- **El tipo de sistema de riego:**

Dependiendo del tipo de sistema que se trate tendrá un costo u otro. Por ejemplo, la cantidad de materiales empleados en una instalación de riego por goteo es mayor a los empleados en instalaciones de riego por inundación.

VI. DISEÑO METODOLOGICO

6.1. Diseño de la investigación

6.1.1. Según el enfoque de la investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que se utilizaron datos numéricos para determinar parámetros necesarios para el diseño de sistema de riego, tales como: características del suelo, requerimientos hídricos del cultivo, caudales, perdida de carga etc.

6.1.2. Según el alcance de los resultados

El alcance de los resultados este estudio se clasifica como descriptivo, debido a que permite recolectar datos de campo, detallar el paso a paso para el diseño del sistema de riego por goteo.

6.1.3. Según el periodo de ocurrencia

Según el periodo de ocurrencia del estudio, la investigación es de tipo prospectiva, ya que el proceso investigativo se desarrolló de manera progresiva, recopilando y analizando la información necesaria para la elaboración del sistema de riego por goteo.

6.1.4. Según el periodo en que se realiza el estudio

La presente investigación se efectúa en un momento determinado en el tiempo, por lo cual se considera una investigación transversal, debido a que se recopilara datos en un determinado momento para luego proceder a la elaboración de cálculos y análisis.

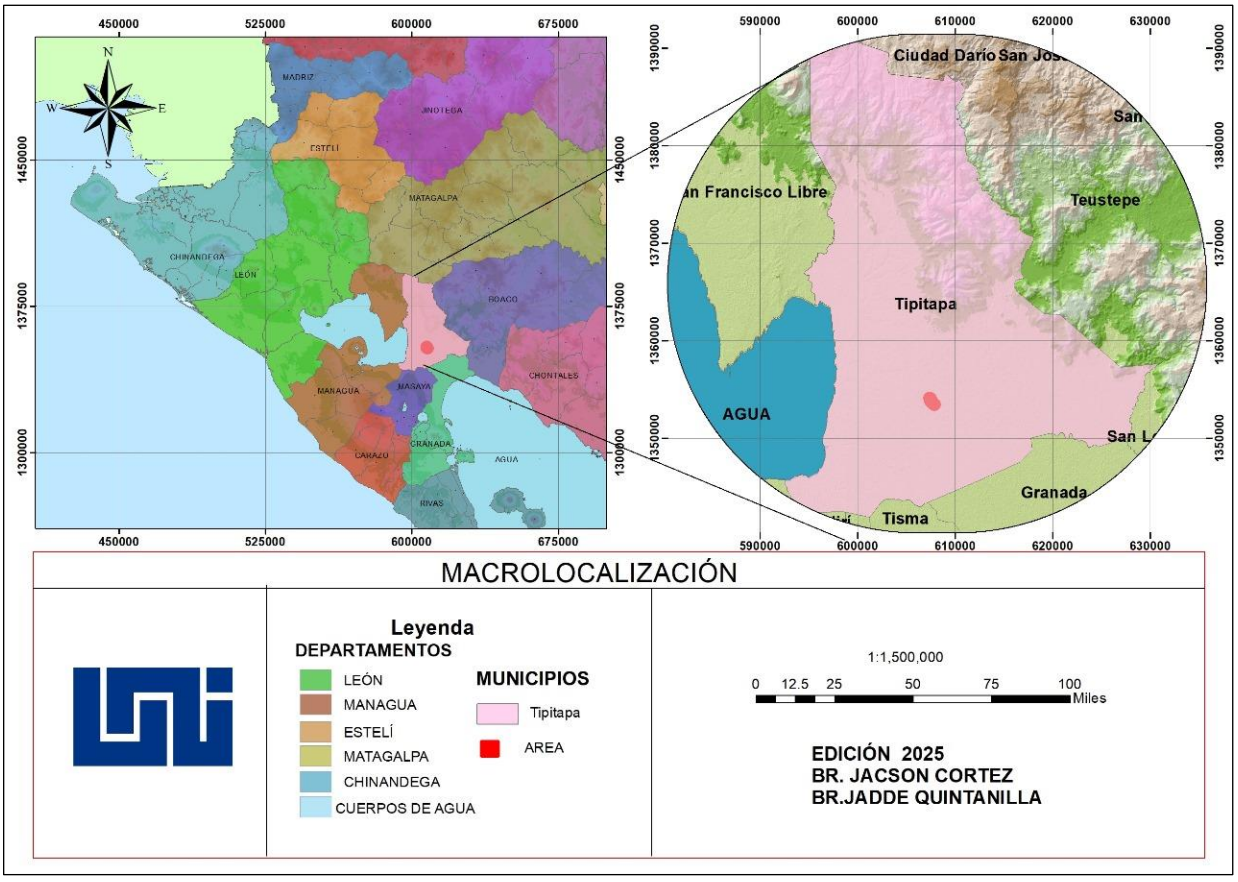
6.2. Descripción del área de estudio

6.2.1. Macro localización

La finca se encuentra en el departamento de Managua, específicamente en el municipio de Tipitapa comarca el Timal. Este municipio limita al oeste con el Lago Xolotlán y el municipio de San Francisco Libre; al sur con los departamentos de Masaya y Granada; al este con el municipio de Teustepe; y al norte con el municipio de Ciudad Darío.

Figura 3.

Macro localización de la zona de estudio



.

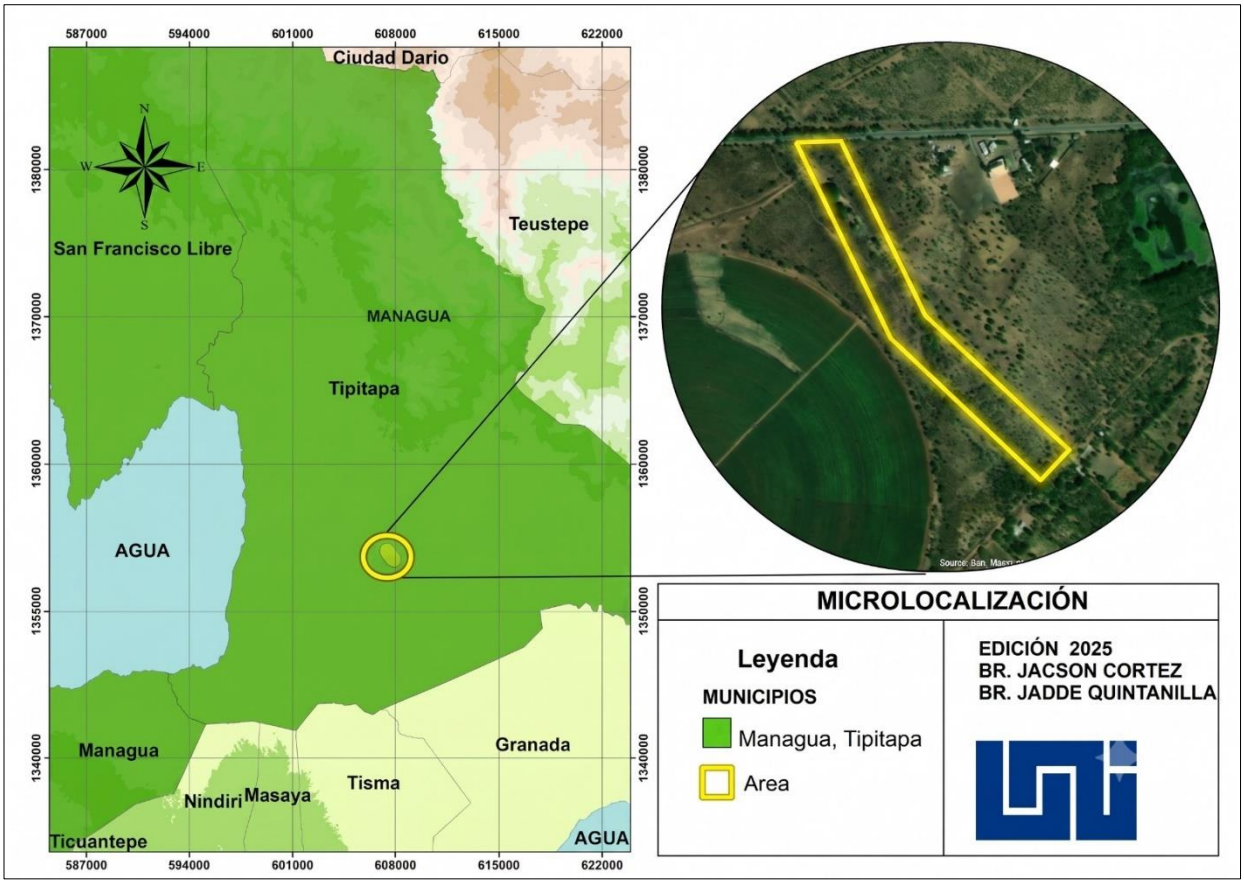
Nota. Elaboración propia

6.2.2. Micro localización

La Finca Ebenezer está ubicada en el sector del Timal, carretera Tipitapa-Malacatoya, kilómetro 8.3 de la carretera NN-226, se enmarca entre las coordenadas geográficas 86°0'40.11" – 86°0'37.88" de longitud oeste y 12°14'50.40" –12°14'29.62" de latitud norte, y se sitúa a una altura promedio de 77 metros sobre el nivel del mar (msnm).

Figura 4.

Micro localización de la zona de estudio



Nota. Elaboración propia

6.3. Análisis de las propiedades hidrofisicas del suelo

La metodología a seguir en este trabajo de investigación, se basará en un análisis de suelo, entre ellos el tipo de suelo (textura), topografía del terreno, y propiedades hidro físicas.

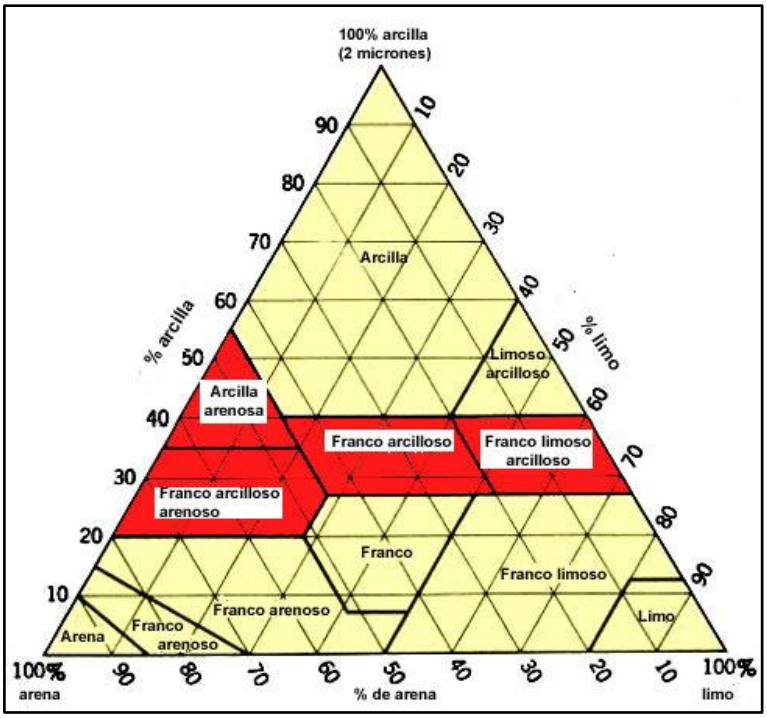
Para la obtención de las muestras de suelo de la finca Ebenezer, se recolectaron muestras alteradas e inalteradas para proceder al análisis en el laboratorio de Edafología.

- **Textura del suelo**

La textura del suelo de la finca se realizó mediante el método del Hidrómetro de Bouyoucos.

Figura 5.

Diagrama triangular para determinar la textura del suelo



Nota. Tomado de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

- **Volumen del cilindro**

$$Vc = \frac{\pi d^2}{4} \times h \quad \textbf{(1)}$$

Donde:

VC = Volumen del cilindro (cm^3).

h = Altura del cilindro

d = Diámetro del cilindro

- **Densidad Aparente**

$$\mathrm{Da} = \frac{\mathrm{Mss}}{\mathrm{Vc}} \quad \textbf{(2)}$$

Donde:

Da = Densidad aparente (gr/cm^3) en estado de campo.

Mss = Peso seco al horno (gr).

Vc = Volumen del cilindro

- **Densidad real**

$$\mathrm{Dr} = \frac{\mathrm{d1\ x\ d3\ x\ Ps}}{\mathrm{d3(P1 - Pp) - d1(P3 - Ps - Pp)}} \quad \textbf{(3)}$$

Donde:

Dr = Densidad real (gr/cm^3)

d_1 = densidad del agua a la T1, en grados °C.

d_3 = densidad del agua a la T3, en grados °C.

P_1 = Peso del picnómetro más agua (gr).

P_P = Peso del picnómetro vacío (gr).

P_3 = Peso del conjunto agua más suelo más picnómetro (gr).

P_S = Peso del suelo (gr).

- **Porosidad total**

Para determinar la porosidad del suelo, se debe tomar los datos de densidad aparente y densidad aparente, representada mediante la siguiente ecuación:

$$\mathrm{Pt} = \left(1 - \frac{\mathrm{Da}}{\mathrm{Dr}}\right) * 100 \qquad \textbf{(4)}$$

Donde:

Pt = porosidad total (%)
Da = densidad aparente (gr/cm^3)
Dr = densidad real (gr/cm^3)

- **Capacidad de campo**

Se determinará mediante el porcentaje de humedad en base al suelo seco que será la capacidad de campo utilizando la siguiente ecuación:

$$\%\mathrm{CC} = \frac{(\mathrm{PSHT} - \mathrm{PSST})}{(\mathrm{PSST} - \mathrm{PT})} \times 100 \qquad \textbf{(5)}$$

Donde:

%CC: Porcentaje gravimétrico de contenido de agua a capacidad de campo

PSHT: Peso de suelo húmedo más peso de la tara

PSST: Peso de suelo seco más peso de la tara

Pt**:** Peso de la tara

- **Punto de marchitez permanente**

Este contenido de agua en el suelo, será determinado con la siguiente ecuación:

$$\%\mathrm{PMP} = \frac{\mathrm{CC}}{2.1} \times 100 \qquad \textbf{(6)}$$

Donde:

PMP: Punto de marchitez permanente del suelo

CC: Capacidad de campo del suelo

2.1: Factor de Grassi para suelos medios

- **Porcentaje de humedad**

Para conocer el porcentaje de humedad del suelo, se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$\%\mathrm{H} = \frac{(\mathrm{PSHT} - \mathrm{PSST})}{(\mathrm{PSST} - \mathrm{PT})} \times 100 \qquad \textbf{(7)}$$

Donde:

%H: Porcentaje gravimétrico del contenido de humedad del suelo

PSHT: Peso de suelo húmedo más peso de la tara

PSST: Peso de suelo seco más peso de la tara

PT: Peso de la tara

- **Velocidad de infiltración del suelo**

La velocidad de infiltración se realizará mediante el método de Porchett, de acuerdo con Sepulveda (2020) el ensayo consiste en hacer una excavación a una profundidad conocida, luego se llena con agua hasta una altura h determinada y se registra el descenso del agua cada cierto intervalo de tiempo.

La velocidad de infiltración del suelo por el método de Porchett será determinada con la siguiente ecuación:

$$K = \frac{R}{2(t_2 - t_1)} ln\left(\frac{2h_{1+R}}{2h_2 + R}\right) \quad \textbf{(8)}$$

Donde:

K: Permeabilidad

R: Radio

T_1 : Tiempo inicial

T_2 : Tiempo final

$2h_1$: Lectura inicial

$2h_2$: Lectura final

6.4. Análisis de la información topográfica de la zona de estudio

La evaluación de la topografía del área de estudio se realizó mediante el análisis de un plano catastral proporcionado por el propietario de la finca, del cual se obtuvo la información referente al área total, los linderos, y las coordenadas UTM. Esta información constituyo la base para el diseño del sistema de riego por goteo.

6.5. Elaboración del sistema de riego por goteo

Mediante este diseño de riego por goteo se debe asegurar que el cultivo pueda satisfacer su demanda máxima de agua durante la fase vegetativa, por tanto, el diseño deberá pasar por 3 etapas importantes: Diseño agronómico, Diseño geométrico y Diseño hidráulico.

6.5.1. Diseño agronómico

La fase inicial para un buen diseño de sistema de riego, parte desde el enfoque del diseño agronómico, el cual desempeña un papel clave al determinar la cantidad de agua necesaria para satisfacer las demandas del cultivo en su periodo de mayor necesidad, lo cual permitió determinar los requerimientos hídricos del cultivo y los parámetros necesarios para la operación del sistema, tales como: la lámina de riego, el caudal de diseño, distribución del sistema de riego, constituyendo la base para el diseño geométrico e hidráulico.

- **Evapotranspiración real**

Se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$Etr = Kc \times Eto \quad \textbf{(9)}$$

Donde:

Etr: Evapotranspiración real (mm/día)

Kc: Coeficiente del cultivo (adimensional)

Eto: Evapotranspiración (mm/día)

Se determinará mediante la siguiente ecuación:

- **Lamina de riego**

$$Lr = \frac{CC - PMP}{100} \times Da \times Pr \times \%AG \quad \textbf{(10)}$$

Donde:

Lr: Lámina de riego (mm o cm)

% Cc: Porcentaje gravimétrico de contenido de agua a capacidad de campo (%)

% PMP: Punto de marchitez permanente del suelo (%)

Da: Densidad aparente (gr/cm3)

Pr: Profundidad del perfil de suelo (cm)

% AG: Porcentaje de agotamiento

- **Lamina bruta de riego**

Se determinará mediante siguiente ecuación:

$$LB = \frac{Ln}{Ef} \quad \textbf{(11)}$$

Donde:

LB: Lámina bruta (mm)

Ln: Lámina neta (mm)

Ef: Eficiencia del sistema de riego

- **Caudal requerido**

Se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$Qr = \frac{A \times 10 \times Etr}{Jr} \quad \textbf{(12)}$$

Donde:

Qr: Caudal requerido (m3/hr)

A: Área (ha)

10: Factor constante (m3/mm*ha)

Etr: Déficit del cultivo o demanda hídrica (mm)

Jr: Jornada de riego (horas)

- **Intensidad de aplicación**

Se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$Ia = \frac{Qi}{Ei \times Es} \quad \textbf{(13)}$$

Donde:

Ia: Intensidad de aplicación (mm/hr)

Qi: Caudal del emisor (Lph)

Ei: Espaciamiento entre emisor (m)

Es: Espaciamiento entre surco (m)

- **Caudal por hectárea**

Se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$Qha = Ia \times 10 \quad \textbf{(14)}$$

Donde:

Qha: Caudal por hectárea (m3/hr)

Ia: Intensidad de aplicación (mm/hr)

10: Factor constante (m3/mm*ha)

- **Caudal total**

Se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$QT = Qha \times Area \quad \textbf{(15)}$$

- **Turnos de riego**

Se determinará mediante la siguiente ecuación

$$N° \ turno = \frac{Qt}{Qr} \quad \textbf{(16)}$$

Donde:

N° turno: Turnos de riego

Qt: Caudal total (m3/hr)

Qr: Caudal de requerido (m3/hr)

- **Área de turno**

$$At = \frac{A}{N° \ turno} \quad \textbf{(17)}$$

Donde:

At: Área del turno (ha)

A: Área (ha)

N° turnos: Números de turnos

- **Tiempo de puesta**

$$Tp = \frac{Df}{Ia} \quad \textbf{(18)}$$

Donde:

Tp: Tiempo de puesta (hr)

Df: Déficit del cultivo o demanda hídrica bruta (mm)

Ia: Intensidad de aplicación (mm/hr)

- **Caudal de bombeo**

El caudal necesario para abastecer el sistema de riego, se determina con la siguiente ecuación:

$$Qb = Area\ del\ turno\ \times Qha \quad \textbf{(19)}$$

Donde:

Qb: Caudal de bombeo (m3/hr)

AT: área del turno (ha)

Qha: Caudal por hectárea (m3/hr)

- **Jornada de riego**

$$Jr = Tp\ \times N°\ de\ turno \quad \textbf{(20)}$$

Donde:

Jr: Jornada de riego (hr)

Tp: tiempo de puesta o tiempo de riego (hr)

N° de turnos: números de turnos

6.5.2. Diseño geométrico

El diseño geométrico se realizó utilizando el software AutoCAD, tomando como base el plano catastral de la finca. A partir de los resultados obtenidos en el diseño agronómico, representando gráficamente la división del área en cuatro turnos de riego, cada uno conformado por dos áreas de válvula.

Posteriormente se realizó el trazado de la red de conducción del sistema, considerando la distribución del cultivo y la ubicación de los turnos.

6.5.3. Diseño hidráulico

Mediante el diseño hidráulico se determinaron los diámetros y longitudes optimas de las tuberías de conducción y perdidas de carga en el sistema de riego.

Es importante cumplir dos criterios: lograr una uniformidad igual o mayor al 90% en el punto crítico y mantener una velocidad del flujo menor o igual a 2.5 m/s.

- **Red de distribución**

La red de distribución consiste en la red de tubería, ya sea superficial o subterráneas que tiene como finalidad entregar agua necesaria a todo el sistema.

Para determinar las perdidas por fricción en tuberías se utilizará la siguiente ecuación:

- **Perdidas por fricción de Hazen Willians**

$$Hf = 10.67\left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} \qquad \textbf{(21)}$$

Donde:

C: Factor de rugosidad del material en que se transporta el fluido

- Q: Caudal de diseño (m3/s)

L: Longitud de la tubería (m)

D: diámetro de la tubería (m)

- **Velocidad en función del caudal**

La siguiente ecuación determina la velocidad que llevará el flujo dentro la tubería en cada tramo del sistema de la red.

$$V = \frac{Q}{A} \quad \textbf{(22)}$$

Donde:

V: Velocidad del fluido (m/s)

Q: Caudal transportado (m^3/s)

A: Área de la sección de tubería (m^2)

- **Diámetro de la tubería**

$$D = \sqrt{\frac{4 * \mathrm{Q}}{\pi * \mathrm{V}}} \quad \textbf{(23)}$$

Donde:

D: Diámetro de la tubería (pulg)

Q: Caudal en (m3/s)

V: Velocidad promedio en (m/s)

- **Carga total dinámica**

Se determinará utilizando la siguiente ecuación

$$CTD = ND + hf + Pd + \Delta z \quad \textbf{(24)}$$

Donde:

CTD: carga total dinámica

ND: nivel dinámico

Hf: pérdidas por fricción en tubería columna

Pd: Presión en la descarga

ΔZ: Desnivel desde el punto de descarga al punto final del sistema

6.6. Potencia del equipo de bombeo

$$Php = \frac{Q \times CTD}{3960 \times n} \quad \textbf{(25)}$$

Donde:

Php: Potencia de la bomba (Hp)

Q: Caudal máximo en el sistema (gpm)

CTD: Carga total dinámica (Pie)

n: Eficiencia

6.7. Determinación de los costos de inversión

La determinación de los costos de inversión del sistema de riego por goteo se realizará mediante el método de estimación analítica por componentes. En primer lugar, se identificarán todos los materiales, equipos y accesorios necesarios para la instalación del sistema, de acuerdo con el diseño hidráulico propuesto. Posteriormente, se solicitarán cotizaciones a empresas proveedoras y distribuidoras especializadas en sistemas de riego, con el propósito de obtener precios actualizados de cada componente.

La información recopilada será organizada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, donde se elaborará el presupuesto detallado considerando las cantidades requeridas y el costo unitario de cada elemento. Finalmente, se determinará el costo total de inversión mediante la sumatoria de los costos directos de los materiales y equipos necesarios para la implementación del sistema de riego por goteo.

VII. ANALISIS Y PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

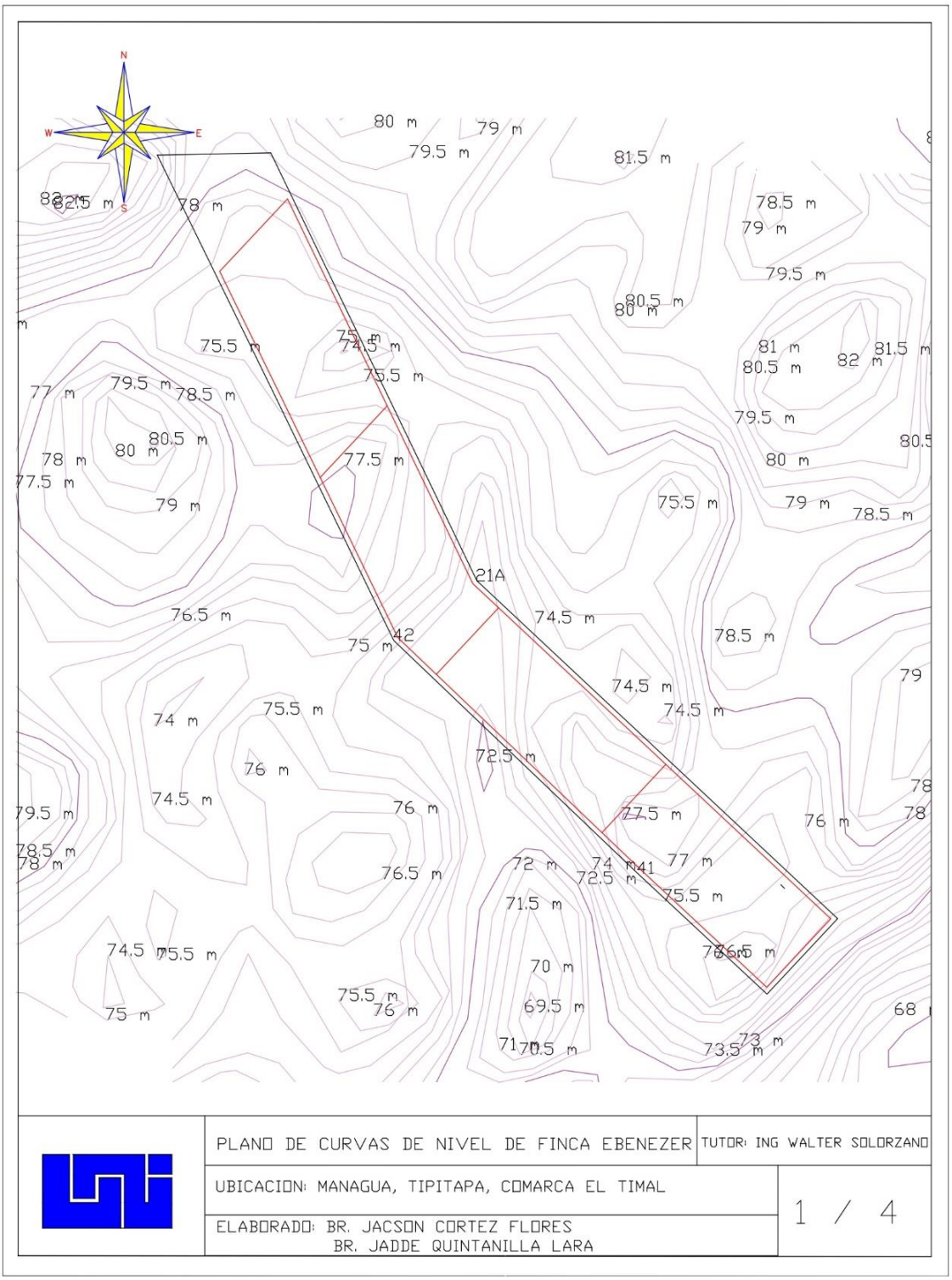
7.1. Topografía de la zona de estudio.

El área de la finca ya había sido delimitada previamente, debido a que cuenta con un plano catastral existente (Véase anexo A1 pag.65) se utilizaron las coordenadas para representar el polígono en el software AutoCAD.

Una vez obtenida el área se determinaron las curvas de nivel con el software Global Mapper las cuales se establecieron a cada 0.5 m, el área presenta una pendiente de 0.46% clasificándose como un terreno prácticamente plano con una leve inclinación, (véase en Anexo A2, pag.66) clasificación de la pendiente del terreno.

Figura 6.

Plano topográfico del área de estudio.



Nota. Tomado del Software AutoCAD, por elaboración propia.

7.2. Determinación de las propiedades hidrofisicas del suelo

En la (Tabla 1). Se presentan los datos obtenidos del análisis de las propiedades hidrofisicas del suelo de la finca Ebenezer, en el laboratorio de Edafología:

Tabla 2.

Datos obtenidos de las propiedades hidrofisicas del suelo.

Descripción	Resultado	U/M
Textura	Arcilloso	gr/cm^3
Densidad aparente (Dr)	2.90	gr/cm^3
Densidad real (Da)	2.49	gr/cm^3
Porosidad total (PT)	41.46	%
Capacidad de campo (CC)	51	%
Punto de marchitez permanente (PMP)	24	%
Porcentaje de humedad	51	%
Conductividad eléctrica (CE)	0.37	mS/cm
Potencial de hidrogeno (pH)	7.24	-

Nota. Elaboración propia.

- **Textura**

De acuerdo al resultado de laboratorio de la textura, se determinó con el triángulo textural (Véase Anexo B1.pag 68) que el tipo de suelo predominante en la finca es Arcilloso.

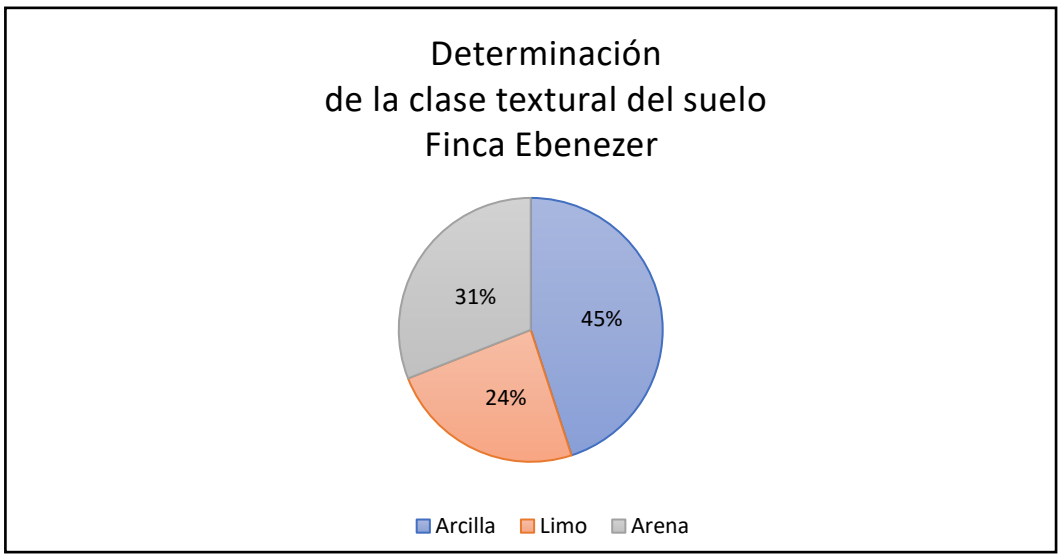
En el que se obtuvo un 45% de arcilla, 31% de arena y 24% de limo, teniendo presencia de estos dos últimos agregados, cabe destacar que este suelo es adecuado para el desarrollo del plátano, ya que generalmente el cultivo suele desarrollarse en suelos francos, francos arcillosos, o arcillo limoso, de acuerdo con

Cardona et al. (2017) la texturas mas recomendables para este cultivo son desde franco arenosas muy finas hasta franco arcillosas.

Así mismo en campo se determinó el tipo de textura por medio del método del tacto, el cual resultó un suelo arcilloso con partículas de limo y arena, ya que, al sentir directamente el suelo húmedo, se podía percibir que manchaba las manos, era pegajoso con consistencia mantequillosa, jabonoso, y duro de amasar, al mismo tiempo que había pequeñas partículas de arena.

Figura 7.

Porcentaje de los agregados del suelo



Nota. Elaboración propia

- **Capacidad de campo (CC)**

La capacidad de campo (CC) dio como resultado un 51%, lo cual está estrechamente relacionado con el tipo de suelo encontrado en la zona de estudio.

Este valor es alto ya que esto es característico de la textura, así mismo el muestreo de suelo fue realizado en temporada lluviosa, pero se encuentra dentro del rango para suelos arcillosos, (véase anexo B2, pág. 68), además de ello que al ser un suelo con textura arcillosa tiende a presentar baja permeabilidad, lo que conlleva a

una mayor retención de agua debido a su espacio poroso que los caracteriza **(macro y micro poros)** haciendo que el agua circule lentamente a través de ellos.

- **Punto de Marchitez Permanente (PMP)**

De acuerdo con el PMP al realizar el cálculo con el valor de capacidad de campo, se obtuvo un 24% lo cual tiene correlación con la textura encontrada en la zona, ya que indica que es un suelo que retiene agua en cantidad siendo esta la principal característica de los suelos pesados.

Lo que indica que, por debajo de este contenido de agua, el cultivo no puede extraer suficiente agua y empezaría a marchitarse.

- **Conductividad eléctrica y pH**

El pH del suelo resulto de 7.95 lo que indica ser moderamente alcalino, lo que puede no afectar al cultivo, ya que la mayoría requiere de un rango de 6 -7, Según Cardenas et al.(2012) los suelos más apropiados son los de pH neutros 6.5 -7.0, aunque también tolera los suelos ligeramente ácidos y alcalinos.

Asimismo, se tomó el valor de CE que resultó de 0.37 mS/cm siendo un dato bajo, pero adecuado ya que no hay riesgo de salinidad. (Véase pág. 69 anexo B3).

- **Densidad Aparente (Da)**

Este dato es un indicador del grado de compactación del suelo, ya que se calcula mediante la relación entre la masa del suelo seco y el volumen que ocupa incluyendo los espacios vacíos (poros del suelo) resultando un valor de 2.90 gr/cm^3 (Véase anexo B5, pág. 70.)

- **Densidad real (Dr)**

La densidad real no es más que la relación entre la masa de las partículas sólidas que lo componen en relación con el volumen que ocupan, sin incluir agua ni aire, siendo este valor de 2.05 gr/cm^3 (Véase anexo B6, pág. 70.) resultando una Dr media o baja.

- **Porosidad total**

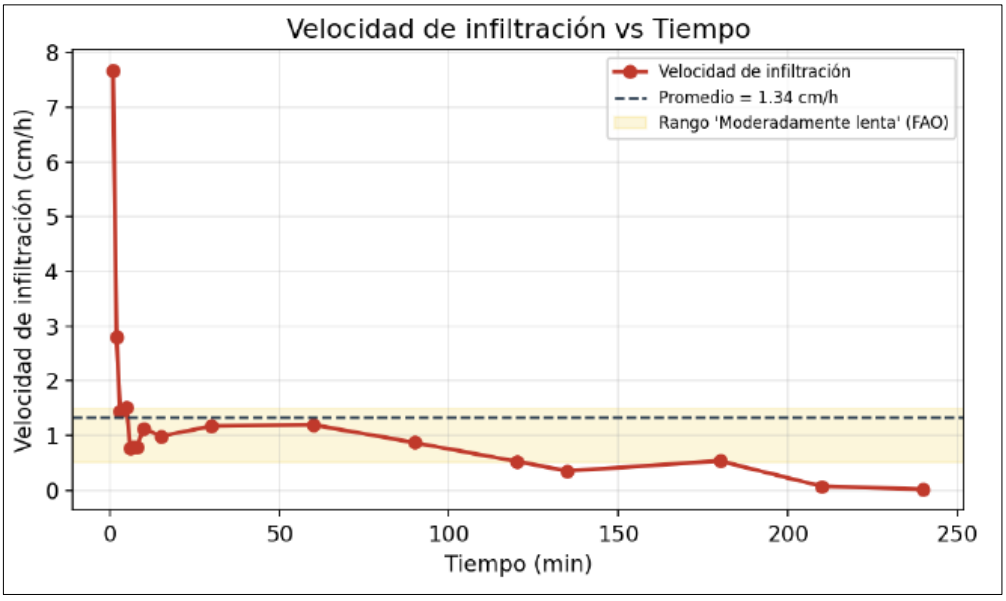
La porosidad total obtenida es de 41.46% lo cual indica (Véase anexo B7, pág. 70) que el suelo tiene una estructura bien desarrollada, lo que significa que el suelo no está excesivamente compactado y que mantiene una estructura adecuada para el movimiento del agua.

- **Velocidad de infiltración del suelo**

De acuerdo a la prueba de infiltración realizada (Véase anexo B8, pág. 69.) en la finca Ebenezer se determinó una velocidad de infiltración promedio de 1.34 cm/ h a como se muestra en la (figura 8), donde el valor de la velocidad fue elevada al inicio, debido a que el suelo se encontraba seco, conforme transcurría el tiempo la velocidad disminuyó hasta estabilizarse (cercano a saturación), siendo este un comportamiento característico de suelos con predominio de arcilla.

Figura 8.

Velocidad de infiltración del suelo en función del tiempo



Nota. Elaboración propia.

En la (Tabla 3) se presenta la clasificación de la velocidad de infiltración del suelo. Al comparar el valor obtenido en la prueba de infiltración (1.34 cm/h) con los rangos de clasificación, se determina que el valor de la velocidad encontrado corresponde a la categoría moderadamente lenta.

Tabla 3

Clasificación de la velocidad de infiltración

Clasificación	Rango (cm/h)
Muy rápida	>50
Rápida	15-50
Moderada rápida	5 - 15
Moderadamente lenta	1.5 - 5
Lenta	0.15 - 0.5
Muy lenta	< 0.15

Nota. (FAO, 2020)

7.3. Diseño de sistema de riego por goteo

7.3.1. Diseño agronómico

El diseño agronómico es la fase inicial para el diseño de sistema de riego, para ello se obtuvo datos climáticos para un periodo de tiempo de 10 años (2015-2025) mediante el Data Access Viewer (DAV), para luego proceder a ingresar estos datos en el software Cropwat de la FAO para determinar el valor de la Evapotranspiración máxima (Eto).

En la (Figura 9) se observa la Eto máxima es de **7.97 mm/día** correspondiente al mes de marzo, esto representa la máxima demanda hídrica que requiere el cultivo para suplir las necesidades de agua en cualquier época del año.

Figura 9.

Cálculo de la evapotranspiración (ETo), método Penman- Monteith.

ETo Penman-Monteith Mensual - untitled

País Nicaragua Estación aeropuerto

Altitud 81 m. Latitud 12.24 °N Longitud 86.01 °E

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	20.8	33.5	69	5.1	6.1	16.0	5.48
Febrero	21.4	35.1	61	5.6	6.7	18.1	6.96
Marzo	22.6	36.4	56	5.5	7.3	20.3	7.97
Abril	23.9	37.2	57	4.7	7.0	20.3	7.70
Mayo	24.3	36.2	71	3.4	5.6	18.0	5.61
Junio	23.6	32.5	83	3.2	5.0	16.8	4.21
Julio	23.0	32.0	81	4.0	5.2	17.2	4.41
Agosto	23.5	33.0	80	3.4	5.3	17.5	4.53
Septiembre	23.3	32.2	83	2.7	4.9	16.7	4.03
Octubre	23.1	31.2	85	2.5	4.8	15.6	3.61
Noviembre	21.6	30.9	85	3.0	5.3	15.1	3.48
Diciembre	20.3	31.8	79	4.3	5.6	14.9	4.09
Promedio	**22.6**	**33.5**	**74**	**4.0**	**5.7**	**17.2**	**5.17**

Nota. Creado del Software (Cropwat), por elaboración propia.

En la (Tabla 4) se muestra el valor de Kc para el cultivo de plátano es de 1.10 siendo este su valor máximo en su etapa de desarrollo (etapa media) donde existe mayor demanda de agua.

Tabla 4

Coeficiente único del cultivo Kc para plátano.

Cultivo	KC inicial	Kc medio	Kc final
Plátano ***(Musa paradisiaca)***	0.5	1.10	1.00

Nota. Creado del Software (Cropwat), por elaboración propia.

- **Evapotranspiración real (Etr)**

De acuerdo con lo mostrado en la ecuación (9) se calculó la Etr

$$\text{Etr} = 1.10 \times 7.97 \text{ mm/dia} = \mathbf{8.77 \text{ mm /dia}}$$

Este valor de 8.77 mm/día indica que el cultivo representa una demanda hídrica considerable, ya que en este proceso se perdería esa cantidad de agua por los procesos de evaporación y transpiración.

- **Lamina neta de riego (Lr)**

De acuerdo con lo mostrado en la ecuación (10) se calculó la lámina de riego.

$$\text{Lr} = \frac{51 - 24}{100} \times 2.90 \times 60 \text{ cm} \times 40\% = \mathbf{18.79 \text{ cm}}$$

$$\text{Lr} = 187.90 \text{ mm}$$

Este valor de la lámina neta de riego, representa la cantidad de agua que el suelo es capaz de almacenar y poner a disposición del cultivo de plátano dentro de la profundidad efectiva de las raíces.

- **Lamina bruta de riego**

De acuerdo con lo mostrado en la ecuación (11) se calculó la lámina bruta de riego.

$$\text{LB} = \frac{187.90 \text{ mm}}{0.95} = \mathbf{197.78 \text{ mm}}$$

La lamina bruta calculada es de 197.78 mm considerando la eficiencia del sistema de riego por goteo lo que significa que es la cantidad de agua en exceso que debe aplicarse para compensar las pérdidas que puede haber por evaporación y percolación profunda.

- **Lamina neta corregida**

$$LNC = \frac{8.77\ mm\ /\ dia}{0.95} = \mathbf{9.23\ mm\ /\ dia}$$

Se denomina corregida porque la tecnología del sistema de riego por goteo permite aplicar láminas de riego con frecuencia diaria, se calcula tomando el valor de la evapotranspiración real y el porcentaje de la eficiencia del riego localizado que generalmente está en un rango de 90% a más, en este caso se tomó el 95%.

- **Caudal requerido (Qr)**

De acuerdo con lo mostrado en la ecuación (12) se calculó el Qr para el sistema de riego.

$$\mathrm{Qr} = \frac{5.69 \times 10 \times 9.23}{12\ \mathrm{hrs}} = \mathbf{43.76\ m3/h}$$

El valor de caudal requerido es de 43.76 m^3/h para funcionar correctamente, es decir que es el volumen de agua en m^3 que debe circular cada hora por el sistema para suplir las necesidades hídricas.

Convirtiendo de m^3/h a gpm multiplicando por el factor de 4.402 se obtiene que:

$$\mathrm{Qr} = 192.5\ \mathrm{gpm}\ \approx \mathbf{193\ gpm}$$

- **Intensidad de aplicación (Ia)**

De acuerdo con lo mostrado en la ecuación (13) se calculó la Intensidad de aplicación

$$\mathrm{Ia} = \frac{1.00\ \mathrm{l/h}}{0.20\mathrm{m} \times 5\mathrm{m}} \times 3 = \mathbf{3.0mm/hr}$$

Este valor de 3.0 mm /h indica la cantidad de agua que se aplica, tomando el dato del caudal de la cinta de riego y el espacio entre laterales y goteros multiplicado por 3 por el tipo de siembra del cultivo (3 bolillos).

- **Caudal por hectárea (Qha)**

De acuerdo con lo mostrado en la ecuación (14) se calculó el caudal por hectárea.

$Qha = 3.0\ \text{mm/hr} \times 10 = \mathbf{30\ m^3/h/ha}$

Esta es la cantidad de agua que se aplica o requiere una unidad de superficie agrícola (hectárea), lo que indica que se aplicaría 30 $m^{3/}h$.

- **Caudal total (Qt)**

De acuerdo con lo mostrado en la ecuación (15) se calculó el caudal total del sistema.

$Q\text{T} = 30\ \text{m}^3/\text{h}\ /\text{ha} \times 5.69 ha = \mathbf{170.70\ m^3/h}$

Este sería el resultado del caudal total a utilizarse si se regara toda el área de la finca.

- **Turnos de riego**

De acuerdo con lo mostrado en la ecuación (16) se calculó los turnos de riego del sistema.

$$\text{N° turno} = \frac{170.70\ \text{m3/h}}{43.76\ \text{m3/h}} = \mathbf{4\ turnos}$$

En este caso el sistema tendrá 4 turnos de riego tomando en cuenta el valor del caudal total y el del caudal requerido.

- **Area por turno de riego**

De acuerdo con lo mostrado en la ecuación (17) se calculó el área por cada turno de riego

$$\mathrm{At} = \frac{5.69\ \mathrm{ha}}{4} = \mathbf{1.42\ \ ha}$$

Conociendo cuantos turnos se tiene en el sistema, se procede a calcular el área que tiene cada uno de ellos, resultando un valor de 1.42 ha.

- **Tiempo de puesta**

De acuerdo con lo mostrado en la ecuación (18) se calculó el tiempo de puesta del sistema.

$$\mathrm{Tp} = \frac{9.23\ \mathrm{mm}}{3.0\ \mathrm{mm/h}} = \mathbf{3\ horas}$$

Es el tiempo de puesta para cada turno del sistema de riego el cual sería de 3 horas para los 4 turnos.

- **Caudal de bombeo**

De acuerdo con lo mostrado en la ecuación (19) se calculó el caudal de bombeo

$$\mathrm{Qb} = 1.42\ \mathrm{ha}\ \times 30\ \mathrm{m3/h}\ = \mathbf{43\ m3/h}$$

El caudal de bombeo para el sistema es la cantidad de agua que la bomba puede extraer o suministrar por unidad de tiempo.

Convirtiendo de m3/h a gpm multiplicando por el factor de 4.4 se obtiene que:

$$\mathrm{Qb} = 187.44\ \mathrm{gpm} \approx \mathbf{188\ gpm}$$

- **Jornada de riego**

  De acuerdo con lo mostrado en la ecuación (18) se calculó la jornada de todo el sistema.

  $$\mathrm{Jr} = 3\ \mathrm{h} \times 4\ \mathrm{turnos} = \mathbf{12\ hrs}$$

La jornada de riego es de 12 horas, lo que significa que es el tiempo total diario en que el sistema va funcionar, tomando los valores del tiempo de puesta y la cantidad de turnos previamente calculados.

En la (Tabla 5), se presentan los resultados obtenidos del diseño agronómico, siendo este proceso el primer paso para el diseño de sistema por goteo, en donde se determinan los diferentes parámetros que permiten planificar la operación del sistema para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo.

Tabla 5.

Resultados del diseño agronómico

Descripción	Resultados	U/M
Área de riego	5.69	ha
Evapotranspiración real	8.77	mm/día
Evapotranspiración de referencia	7.97	mm/día
Déficit	9.23	mm/día
Lamina neta de riego	187.90	mm
Lamina bruta	197.78	mm
Lamina neta corregida	9.23	mm
Caudal total	170.70	m^3/h
Caudal requerido	43.76	m^3/h
Intensidad de aplicación	3.0	mm/h
Caudal por hectárea	30	m^3/h
Turnos de riego	4	Turnos
Área por turno de riego	1.42	ha
Tiempo de puesta	3	horas
Caudal de bombeo	43	m3/h
Jornada de riego	12	horas

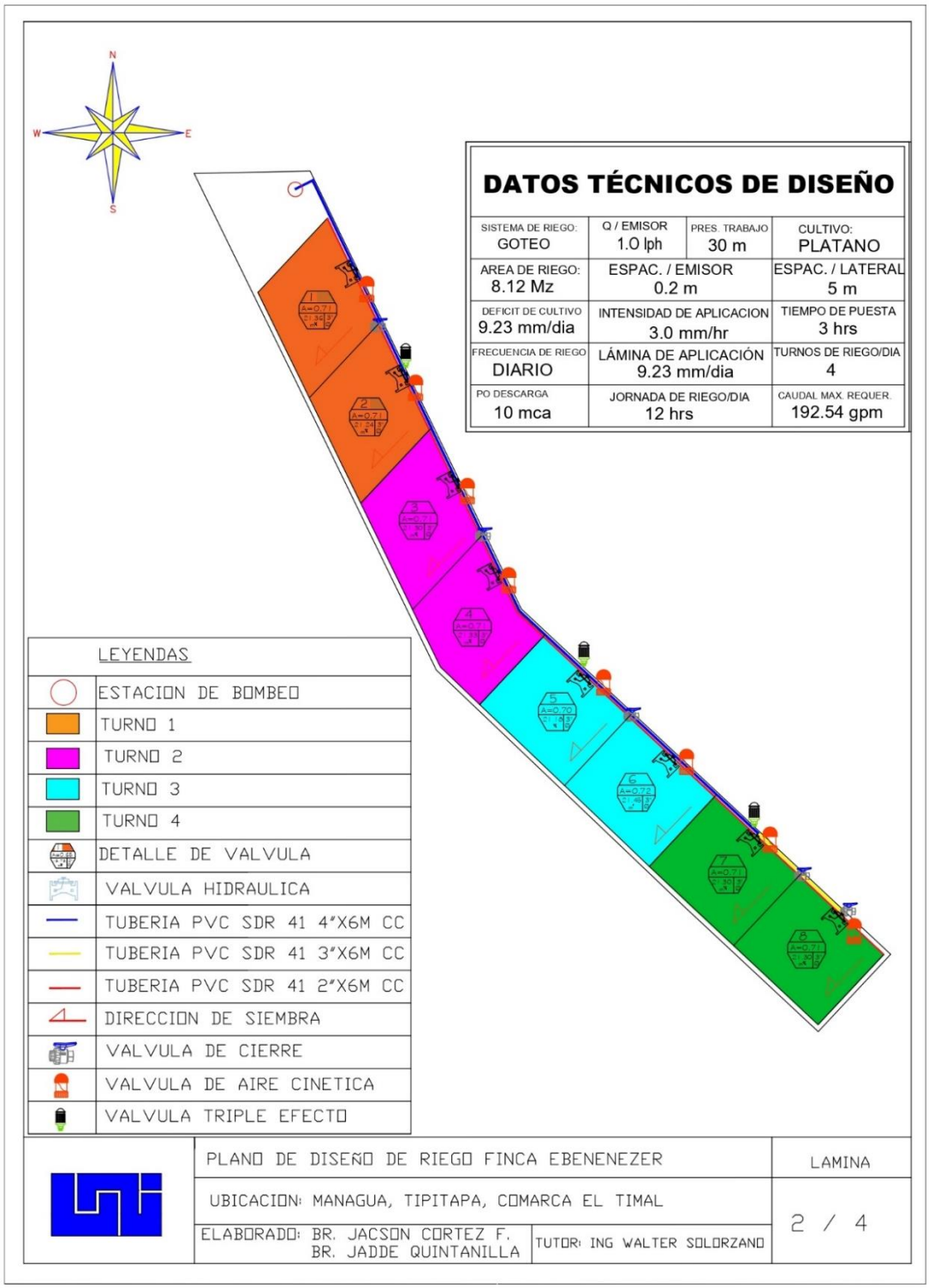
Nota. Elaboración propia.

7.3.2. Diseño geométrico

Luego de haber elaborado el diseño agronómico, se procedió a realizar geométrico mediante el software AutoCAD, el cual permitió definir la distribución de los componentes, la ubicación de las tuberías, áreas de válvulas, colocación del caballete de riego, válvulas cinéticas y triple efecto, así también se delimito un área de 1.20 ha aproximadamente propuesta para el establecimiento del pozo y sarta de descarga.

Figura 10.

Plano geométrico del sistema de riego por goteo



Nota. Tomado del Software AutoCAD, por elaboración propia.

En la (figura 10) se muestra el plano geométrico del sistema de riego por goteo en la finca Ebenezer, el cual se determinaron 4 turnos con un área de 1.42 ha cada uno, los cuales se dividieron en dos bloques para poder ubicar los caballetes de riego de acuerdo a la operación del sistema demandando los siguientes caudales.

Tabla 6.

Caudal de válvulas del sistema

N° VÁLVULA	AREA (HA)	TURNO	CAUDAL VÁL MCH	CAUDAL VÁL GPM	DIAMETRO VÁLVULA
1	0.71	1.00	21.36	93.98	2"
2	0.71	1.00	21.24	93.46	2"
3	0.71	2.00	21.30	93.72	2"
4	0.711	2.00	21.33	93.85	2"
5	0.706	3.00	21.18	93.19	2"
6	0.715	3.00	21.45	94.38	2"
7	0.71	4.00	21.30	93.72	2"
8	0.71	4.00	21.30	93.72	2"

Nota. Elaboración propia

7.3.2. Diseño hidráulico

- **Cálculo del diámetro de la tubería de conducción del sistema de riego por goteo**

Tramo # 1 desde la válvula #8 hasta la válvula #7

Se calculó el diámetro para la tubería de conducción y manifold del sistema de riego.

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.00583\ m3/s}{\pi * 2.5\ m/s}} = 0.054\ m = 2.12'' \approx 3''$$

Tramo # 2 desde el equipo de bombeo hasta la válvula #7

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.01166\ m3/s}{\pi * 2.5\ m/s}} = 0.077\ m = 3.03'' \approx 4''$$

- **Cálculo del diámetro de la tubería de Manifold del sistema de riego por goteo**

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.00288\ m3/s}{\pi * 2.5\ m/s}} = 0.038\ m = 1.5''\ \approx 2''$$

- **Cálculo de la perdida por fricción en la tubería de Manifold por el método de Hazen Willians.**

$$Hf = \frac{10.67 \ * 0.002958^{1.852} m3/s}{150^{\ 1.852} \ * 0.0574^{4.87}\ m} * 45 \ \ = 1.03\ mca$$

Ahora multiplicando por el factor de Christiansen para 9 salidas se obtiene el siguiente valor:

$$Hf = \ 1.03\ mca \ \times 0.402 = \ 0.41\ mca$$

Convirtiendo de mca a psi:

$$Hf = \ 0.41\ mca \ \times 1.422 = \ \boldsymbol{0.58\ psi}$$

- **Cálculo de la perdida por fricción en el lateral de riego por el método de Hazen Willians.**

$$Hf = \frac{10.67 \ * 0.000107^{1.852} m3/s}{140^{\ 1.852} \ * 0.016^{4.87}\ m} * 77\ m \ \ = 2.15\ mca$$

Ahora multiplicando por el factor de Christiansen para múltiples salidas se obtiene el siguiente valor:

$$Hf = \ 2.15 mca \ \times 0.362 = \ 0.77\ mca$$

Convirtiendo de mca a psi:

$$Hf = \ 0.77\ mca \ \times 1.422 = \ \boldsymbol{1.10\ psi}$$

- **Cálculo de la perdida por fricción en la conducción por el método de Hazen Willians.**

Tramo # 1

$$Hf = \frac{10.67 * 0.00583^{1.852} m3/s}{150^{1.852} * 0.0846^{4.87}\, m} * 92.6\, m = 1.12\, mca$$

Convirtiendo de mca a psi:

$$Hf = 1.12\, mca \times 1.422 = \mathbf{1.59\ psi}$$

Tramo #2

$$Hf = \frac{10.67 * 0.01166^{1.852} m3/s}{150^{1.852} * 0.1087^{4.87}\, m} * 660.09\, m = 8.52\ mca$$

Convirtiendo de mca a psi:

$$Hf = 8.52\, mca \times 1.422 = \mathbf{12.1\ psi}$$

- **Pérdida total en tubería de conducción**

$$Hf\ total = 12.1\, psi + 1.59\, psi = \mathbf{13.69\ psi}$$

En la (Tabla 7) se presenta los datos del turno 4 del sistema de riego por goteo, que corresponde al turno critico por lo cual se ha determinado debido a que es el turno que demanda más carga en comparación a los demás (Véase anexo D pág. 76).

Tabla 7.

Perdida de presión del turno 4 del sistema de riego por goteo.

.

Descripción	Perdida de presión
Presión de operación del gotero	14.50
Lateral	1.10
Manifold	0.58
Válvula hidráulica	0.87
Desnivel	-4.97
Conducción	13.60
Presión total (PSI)	25.68
Presión total (MCA)	18.05

***Nota*.** Perdida de presión del turno crítico del sistema

- **Perdidas en los accesorios en la sarta de descarga**

Tabla 8.

Pérdidas generadas en los accesorios de la sarta de descarga

Descripción	Perdida de presión
Válvula de compuerta	0.14
Filtro de disco	1.16
Caudalímetro	0.03
Válvula Check	0.21
Perdidas en la tubería de columna	4.32
Perdida de carga (PSI)	5.86
Perdida de carga (MCA)	1.68

Nota. Elaboración propia mediante los diagramas de perdida de carga de cada accesorio para la sarta de descarga.

- **Cálculo de la perdida en la tubería en columna**

$$Hf = \frac{10.67 \ * 0.0116^{1.852} m3/s}{130^{\ 1.852} \ * 0.0779^{4.87}\ m} * 36\ m\ = 3.04\ mca$$

Convirtiendo de mca a psi:

$$Hf = 3.04\ mca\ \times 1.422 = \ 4.32\ Psi$$

- **Cálculo de la carga total dinámica (CTD)**

Se obtuvo un valor 30 mca en el NE basado en el mapa hidrogeológico (Véase anexo D9 pág. 84.) se tomó en consideración un abatimiento de 5 metros, dando un resultante de 35 metros desde nivel de terreno natural hasta el nivel dinámico, como resultado el ND tiene un valor de 35 mca. además, se corroboró mediante sondeos en fincas circundantes al área de estudio estos valores de NE en época de verano.

$\mathrm{CTD} = 18.05$ mca + 1.68 mca + 35 mca + 3.04 mca

$\mathrm{CTD} = 57.77$ mca

Convirtiendo de mca a pies:

$\mathrm{CTD} = 57.77\ \mathrm{mca} \times 3.280 = 189.48$ pies

- **Potencia del equipo de bombeo**

$$Php = \frac{187.52\ gpm \times 189.49\ pies}{3960 \times 0.76} = 11.80\ hp$$

$Php \approx 12\ hp$

$Php = 15\ hp$

Se determinó la potencia de la bomba dando como resultado 12.73 hp. Se seleccionó una bomba marca Franklin Electric modelo SS SR Sub- Turbine 6” 15 H, satisfaciendo las necesidades en potencia requerida por el sistema en su punto crítico.

7.3.3. Costo y presupuesto del proyecto

A continuación, se presentan las listas de materiales y los costos detallados para el sistema de riego por goteo, donde se describen cada uno de los componentes principales del sistema, sarta de descarga y los insumos complementarios para el proceso de instalación. Así mismo se consideran los costos de mano de obra asociados tanto para el sistema como para la sarta de descarga.

Estos costos son reales del mercado, obtenidos mediante la cotización con la empresa SERVITEC, (Véase en anexo E, pág. 85) presentado un costo total de U$14,197.27 **(catorce mil ciento noventa y siete córdobas con veintisiete centavos)** para llevar a cabo el proyecto.

Tabla 9.

Lista de materiales para el sistema de riego por goteo

MATERIALES SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO					
Ítem	**Cantidad**	**U/M**	**Descripción**	**Precio**	**Total**
1	111	Unidad	TUBERIA PVC SDR 41 4"X6m	$32.00	$3,552.00
2	16	Unidad	TUBERIA PVC SDR 41 3"X6m	$18.00	$288.00
3	145	Unidad	TUBERIA PVC SDR 41 2"X6m	$12.00	$1,740.00
4	6	Unidad	TEE PVC 3"	$10.00	$60.00
5	10	Unidad	TEE PVC 4"	$13.00	$130.00
6	6	Unidad	TAPON PVC LISO 3"	$6.00	$36.00
7	8	Unidad	VALVULA HIDRAULICA 2"	$160.00	$1,280.00
8	2	Unidad	VALVULA DE AIRE TRIPLE EFECTO 1"	$35.00	$70.00
9	8	Unidad	VALVULA DE AIRE CINETICA 1"	$15.00	$120.00
10	8	Unidad	TEE PVC 2"	$3.00	$24.00
11	20	Unidad	CODO PVC 2" X 90°	$2.50	$50.00
12	8	Unidad	REDUCTOR PVC LISO 4"/2"	$6.00	$48.00
13	8	Unidad	REDUCTOR PVC LISO 4"/3"	$6.00	$48.00
14	16	Unidad	REDUCTOR PVC LISO 2"/1"	$4.00	$64.00
15	8	Unidad	REDUCTOR PVC LISO 1"/1/2"	$3.50	$28.00
16	3500	Unidad	CINTA DE GOTEO 20CM/1LPH/8MIL	$0.08	$2,863.64
17	226	Unidad	MANGUERA DE PE 16MM 2.5ATM	$0.45	$101.70
18	452	Unidad	CONECTORE SECUNDARIO	$0.15	$67.80
19	452	Unidad	CONECTOR INICIAL PVC-PE MAS GROMET	$0.15	$67.80
20	20	Unidad	UNION CINTA-CINTA	$0.30	$6.00
	TOTAL				**$10,644.94**

Nota. Tomado de Servitec

Tabla 10.

Lista de materiales sarta de descarga

SARTA DE DESCARGA					
Ítem	**Cantidad**	**U/M**	**Descripción**	**Precio**	**Total**
1	2	Unidad	TUBERIA HG 3" CEDULA 40	$320.00	$640.00
2	2	Unidad	VALVULA DE AIRE TRIPLE EFECTO 1"	$35.00	$70.00
3	1	Unidad	MANOMETRO	$9.00	$9.00
4	2	Unidad	FILTROS DE ANILLO AZUD 4"	$180.00	$360.00
5	2	Unidad	VALVULA TIPO MARIPOSA DE 3"	$85.00	$170.00
6	1	Unidad	CAUDALIMETRO	$350.00	$350.00
7	1	Unidad	CODO HG 45 3"	$21.22	$21.22
8	1	Unidad	CODO HG 90 3"	$21.22	$21.22
9	1	Unidad	VALVULA CHECK 3"	$140.00	$140.00
10	1	Unidad	UNION MECANICA 3"	$13.00	$13.00
11	1	Unidad	VALVULA BOLA 3" PVC	$20.00	$20.00
12	1	Unidad	TEE HG 3"	$26.99	$26.99
	TOTAL				**$1,841.43**

Nota. Tomado de Servitec

Tabla 11.

Lista de materiales misceláneos

MISCELANEOS					
Ítem	**Cantidad**	**U/M**	**Descripción**	**Precio**	**Total**
1	1	Paquete	TRAPOS LIMPIADORES	$30.00	$30.00
2	2	Unidad	MARCO Y HOJA DE CIERRA	$8.22	$16.44
3	1	Galón	ACETONA	$12.33	$12.33
4	2	Unidad	TUBO DE SILICÓN	$12.85	$25.70
5	1	Unidad	PISTOLA PARA SILICÓN	$3.50	$3.50
6	5	Unidad	TEFLÓN INDUSTRIAL 3/4"	$7.64	$38.20
7	4	Unidad	PEGAMENTO PVC 1 GL	$27.00	$108.00
9	1	Unidad	JABÓN LÍQUIDO PARA TUBERÍA PVC 1/4 DE GALÓN	$2.33	$2.33
	TOTAL				**$236.50**

Nota. Tomado de Servitec

Tabla 12.

Costo de mano de obra

			MANO DE OBRA		
1	8.12	Manzana	COSTO DE INSTALACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO	$120.00	$974.40
2	1	Unidad	COSTO DE INSTALACIÓN DE SARTA DE DESCARGA	$500.00	$500.00
		TOTAL			**$1474.4**

Nota. Tomado de Servitec

Tabla 13.

Costo total del sistema

Descripción	Total (U$)
MATERIALES SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	10,644.94
MATERIALES SARTA DE DESCARGA	1,841.43
MATERIALES MISCELÁNEOS	236.50
MANO DE OBRA SARTA	500
MANO DE OBRA SISTEMA DE RIEGO	974.40
TOTAL	14,197.27
TOTAL MZ	**1,748.43**

Nota. Tomado de Servitec

VIII. CONCLUSIONES

Se diseñó un sistema de riego por goteo para el cultivo de plátano (Musa Paradisiaca) en la finca Ebenezer ubicada en la comarca el Timal, municipio de Tipitapa, departamento de Managua, obteniéndose los siguientes resultados de acuerdo a los objetivos propuestos, por lo que se concluye lo siguiente:

- Los resultados obtenidos de las propiedades hidrofisicas del área de estudio sirvieron como base para determinar los parámetros agronómicos del diseño, mientras que la topografía proporciona la información necesaria para la distribución de los componentes del sistema.

- De acuerdo con los resultados de diseño agronómico, se obtuvo una demanda hídrica de 8.77 mm/día, la cual será aplicada en un tiempo de puesta de 3 horas, el sistema cuenta con 4 turnos que se dividieron en dos áreas de válvula, con una jornada riego de 12 horas con una frecuencia de riego diaria, en base a esta información, se realizó el diseño geométrico para obtener visualmente el dimensionamiento de los turnos y la red hidráulica, esta sería la segunda etapa del diseño, así mismo se calculó la parte hidráulica del sistema (Diseño hidráulico) donde se identifica el diámetro y perdidas en las tuberías del sistema obteniendo una CTD que resultó de 57.77 mca, dicho valor fue necesario para el cálculo de la potencia de la bomba que dio como resultado 15 hp.

- Considerando estas 3 etapas del diseño se realizó la lista de materiales que se requieren para que el sistema pueda operar, con la finalidad de obtener el costo total para su ejecución, lo cual permitió obtener una inversión total de **U$14,197.27** (Catorce mil ciento noventa siete punto veintisiete) y **U$1,748.43 (**Mil setecientos cuarenta y ocho punto cuarenta y tres dólares) por manzana. En conclusión, este valor representa un costo razonable, tomando en cuenta todos los elementos que incluye el sistema siendo económicamente viable garantizando un equilibrio entre la inversión realizada y los beneficios que se obtendrán del proyecto para la producción de plátano.

IX. RECOMENDACIONES

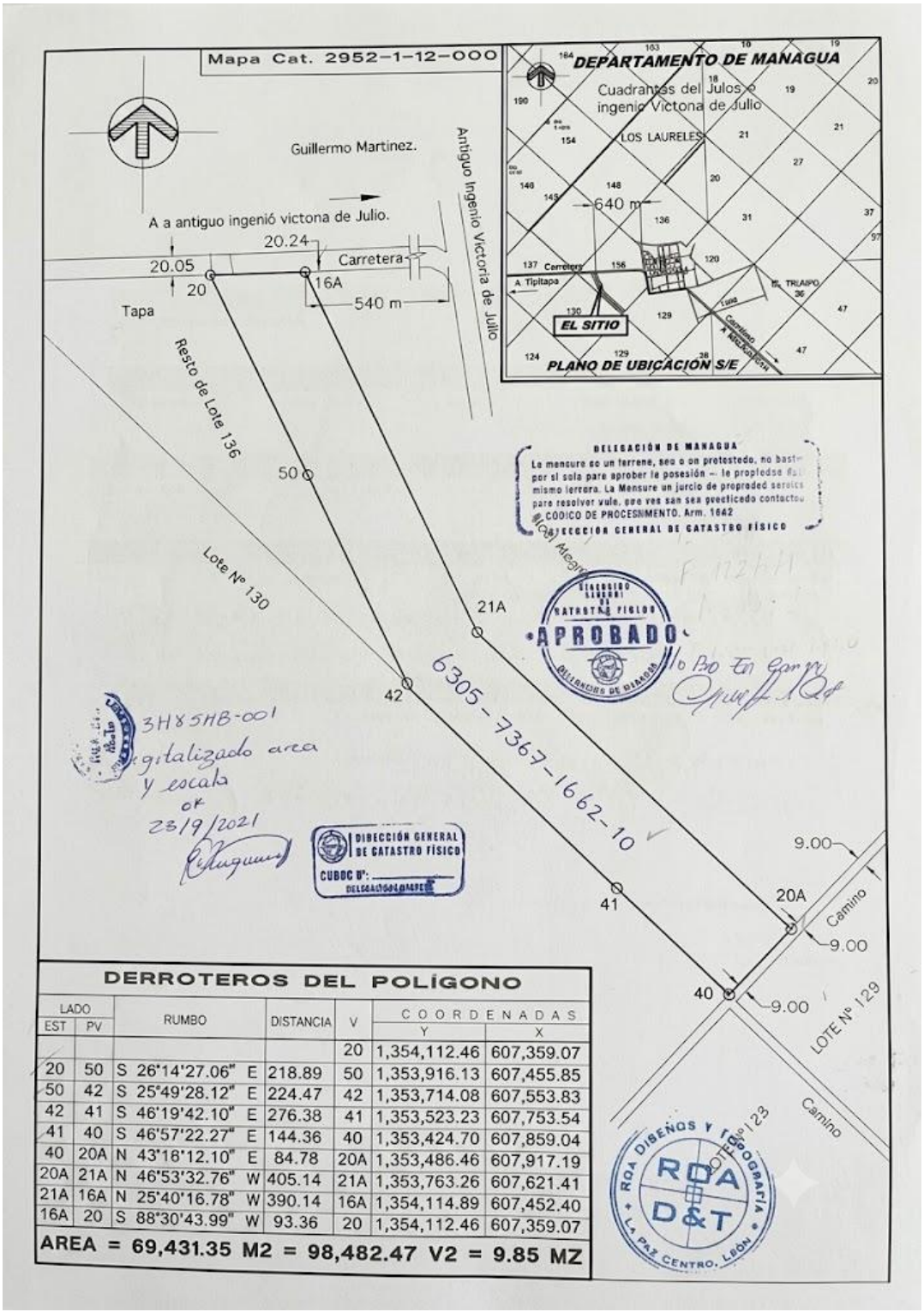
- Se sugiere al propietario realizar una perforación y habilitación de un pozo ya que el terreno no cuenta todavía con un pozo operativo que permita asegurar el abastecimiento continuo de agua siguiendo las normas técnicas vigentes en Nicaragua para la instalación futura del sistema.

- Se aconseja en caso de ejecutarse el proyecto en base al diseño agronómico, geométrico e hidráulico ya elaborado para garantizar la lámina de riego adecuada según sus necesidades

X. ANEXOS

ANEXO A. Levantamiento Topográfico.

Anexo A1. Plano catastral de la finca Ebenezer.



DERROTEROS DEL POLÍGONO

LADO EST	LADO PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS Y	COORDENADAS X
				20	1,354,112.46	607,359.07
20	50	S 26°14'27.06" E	218.89	50	1,353,916.13	607,455.85
50	42	S 25°49'28.12" E	224.47	42	1,353,714.08	607,553.83
42	41	S 46°19'42.10" E	276.38	41	1,353,523.23	607,753.54
41	40	S 46°57'22.27" E	144.36	40	1,353,424.70	607,859.04
40	20A	N 43°16'12.10" E	84.78	20A	1,353,486.46	607,917.19
20A	21A	N 46°53'32.76" W	405.14	21A	1,353,763.26	607,621.41
21A	16A	N 25°40'16.78" W	390.14	16A	1,354,114.89	607,452.40
16A	20	S 88°30'43.99" W	93.36	20	1,354,112.46	607,359.07

AREA = 69,431.35 M2 = 98,482.47 V2 = 9.85 MZ

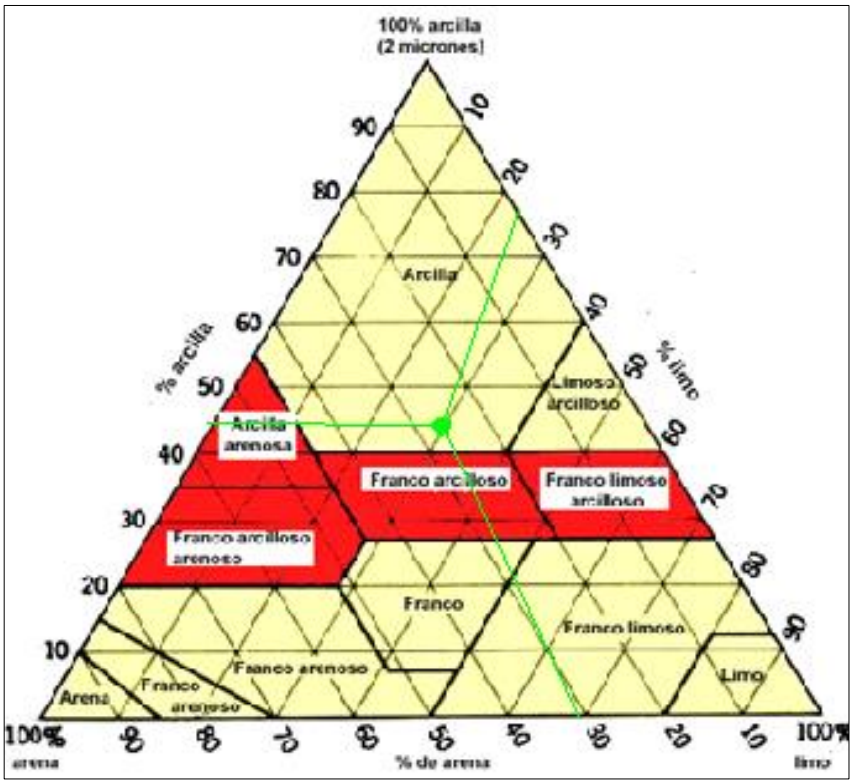
Anexo A2. Clasificación de la pendiente del terreno

Descripción	**%**
Plano	0–0,2
Nivel	0,2–0,5
Cercano al nivel	0,5–1,0
Muy ligeramente inclinado	1,0–2,0
Ligeramente inclinado	2–5
Inclinado	5–10
Fuertemente inclinado	10–15
Moderadamente escarpado	15–30
Escarpado	30–60
Muy escarpado	> 60

Nota. Adoptado de (Padilla, 2019).

ANEXO B. Análisis de las propiedades hidro físicas del suelo.

Anexo B1. Determinación de la clase textura de la zona de estudio.



Nota. Tomado de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Anexo B2. Porcentajes promedio de la humedad a capacidad de campo de diferentes tipos de suelo.

Tipo de suelo	% CC
Arenoso	5 - 16
Franco	15 - 30
Franco arcilloso	25 - 35
Arcilloso	30 - 70

Nota. Tomado de (Fertilab, 2020)

Anexo B3. Categorización del valor de pH

	Rango	Categoría
PH en agua suspensión de 1:2.5	Menor o igual a 4.5	Extremadamente acido
	4.6 - 5.0	Muy fuertemente acido
	5.1-5.5	Fuertemente acido
	5.6-5.9	Moderadamente acido
	6.0-6.5	Ligeramente acido
	6.6-7.3	Neutro
	7.4-7.8	Ligeramente acido
	7.9-8.4	Moderamente alcalino
	8.5 -9.0	Fuertemente alcalino
	Mayor a 9.0	Muy fuertemente alcalino

Nota. Adaptado de la Guía de laboratorios de fundamentos de suelo (P.11), E. Padilla ,2019, Universidad Nacional de Ingeniera UNI.

Anexo B4. Escala para clasificar los suelos agrícolas según la salinidad.

Suspensión Relación Suelo/Agua	Conductividad Eléctrica (Ds/m)
No salina	0-1
Levemente salina	1-2
Moderadamente salina	2-4
Muy salina	4-8

Nota. Adaptado de la Guía de prácticas de la asignatura de edafología (P.13) 2023, Universidad Nacional de ingeniería UNI.

Anexo B5. Densidad Aparente del suelo (Da)

Densidad aparente gr/cm^3	Evaluación
<1.0	Muy Baja
1.0 - 1.2	Baja
1.2 - 1.45	Media
1.45 - 1.60	Alta
>1.60	Muy Alta

***Nota*.** Adaptado de la Guía de laboratorios de fundamentos de suelo (P.16), E. Padilla ,2019, Universidad Nacional de Ingeniera UNI.

Anexo B6. Densidad real del suelo (Dr)

Densidad real gr/cm^3	Evaluación
> 2.40	Bajo
2.40 - 2.60	Medio
2.60-2.80	Alto
>2.8	Muy alto

Nota. Adaptado de la Guía de laboratorios de fundamentos de suelo (P.21), E. Padilla ,2019, Universidad Nacional de Ingeniera UNI.

Anexo B7. Porosidad total (Pt)

Evaluación Total (PT)	Porosidad Porcentaje (%)
Muy Alta	>65
Alta	55-65
Media	45-55
Baja	40-45
Muy baja	<40

***Nota*.** Adaptado de la Guía de laboratorios de fundamentos de suelo (P.21), E. Padilla ,2019, Universidad Nacional de Ingeniera UNI.

Anexo B8. Velocidad de infiltración

Prueba de Infiltración, Porchet		X	614699		**Elve (msnm)**	45	
Lugar: Tipitapa		Y	1320071				
Inicio	10:30:00	am					
Final	2:30:00	pm					
Diametro	28 cm			Ubicación	Finca ebenezer, el timal		
Radio	14 cm			Textura:	Arcilloso		

Tiempo	**Profundidad**	**R/2(T1-T2)**	**Ln((2h1+R)/(2h2+R)**	**Vel. Infiltración (cm/min)**	**Vel. Infiltración (cm/hra)**	**Vel. Infiltración (m/dia)**	**Vel. Infiltración (m/hora)**
0	30	10	0.127833372	0.127833372	7.670002291	1.84080055	0.076700023
1	24	10	0.046520016	0.046520016	2.791200938	0.669888225	0.027912009
2	22	10	0.024097552	0.024097552	1.445853095	0.347004743	0.014458531
3	21	10	0.024692613	0.024692613	1.481556755	0.355573621	0.014815568
4	20	10	0.025317808	0.025317808	1.519068479	0.364576435	0.015190685
5	19	10	0.012903405	0.012903405	0.77420429	0.18580903	0.007742043
6	18.5	10	0.013072082	0.013072082	0.784324894	0.188237975	0.007843249
7	18	10	0.013245227	0.013245227	0.794713605	0.190731265	0.007947136
8	17.5	20	0.018843088	0.018843088	1.130585268	0.271340464	0.011305853
10	16.8	50	0.016438726	0.016438726	0.986323581	0.236717659	0.009863236
15	16.2	150	0.019526422	0.019526422	1.171585341	0.281180482	0.011715853
30	15.5	300	0.01991531	0.01991531	1.194918582	0.28678046	0.011949186
60	14.8	300	0.014472033	0.014472033	0.868321957	0.20839727	0.00868322
90	14.3	300	0.00878483	0.00878483	0.527089773	0.126501546	0.005270898
120	14	150	0.005899722	0.005899722	0.353983328	0.084955999	0.003539833
135	13.8	450	0.008915364	0.008915364	0.534921819	0.128381237	0.005349218
180	13.5	300	0.001194743	0.001194743	0.071684596	0.017204303	0.000716846
210	13.46	300	0.000298909	0.000298909	0.017934539	0.004304289	0.000179345
240	13.45						
				Promedio	**1.34**	0.32	0.01

Nota. Elaboración propia.

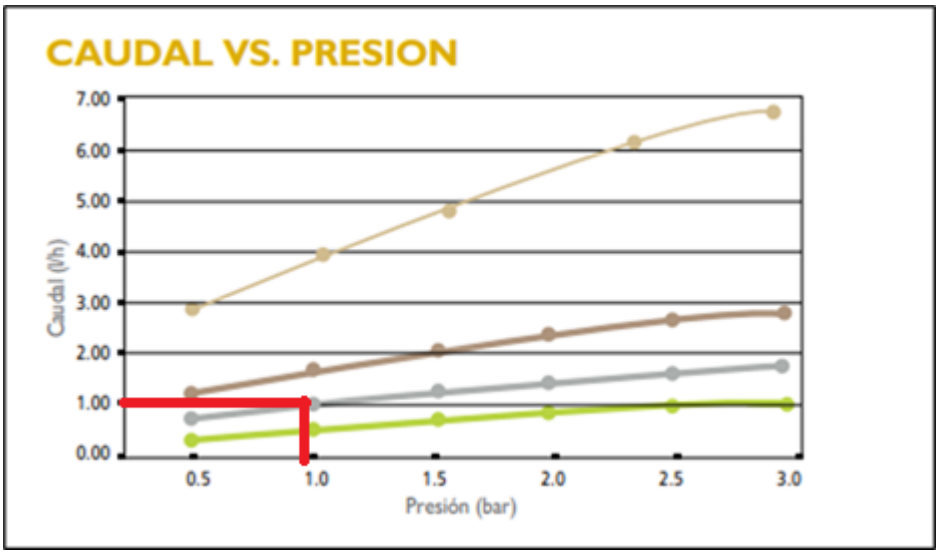
ANEXO C. Fichas Técnicas.

Anexo C1. Cinta de riego TalDrip.



DATOS TÉCNICOS

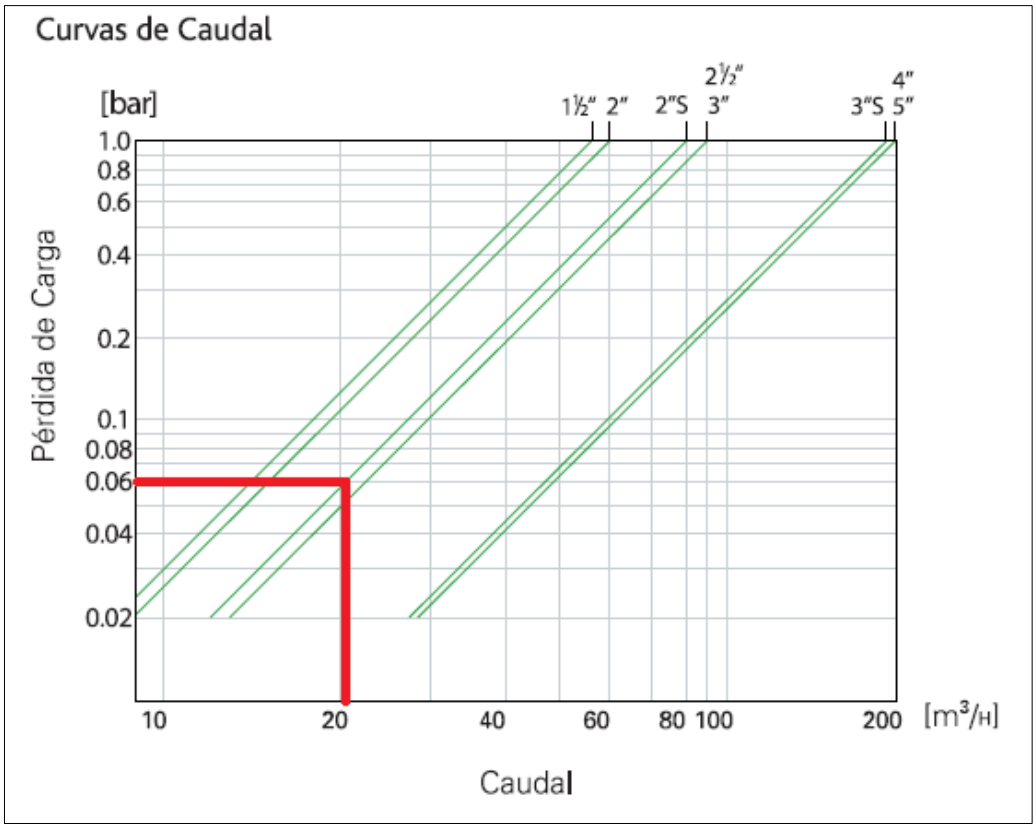
Diámetro nominal	Espesor de pared		DE	DI	Presión máxima	KD	Tipo de conectores		Embalaje y embarque				
(mm)	(mm)	(mil)	(mm)	(mm)	(bar)		Conexión dentada	Cinta	Longitud bobina estándar (m)	Bobina por pallet	Bobinas por contenedor de 20 pies	Bobinas por contenedor de 40 pies	Bobinas por con-tenedor HC de 40 pies
12	0.33	13	12.46	11.80	1.5	0.22		•	2500	16	320	640	720
12	0.38	15	12.56	11.80	2.0	0.22		•	2000	16	320	640	720
12	0.45	18	12.70	11.80	2.2	0.22		•	1500	16	320	640	720
12	0.65	25	13.06	11.80	3.0	0.22		•	800	16	320	640	720
16	0.90	35	15.70	13.9	3.0	0.11	•		400	16	320	640	720
17	0.15	6	16.30	16.0	0.7	0.1		•	3500	16	320	640	720
17	0.20	8	16.40	16.0	0.9	0.1		•	3000	16	320	640	720
17	0.25	10	16.30	15.8	1.0	0.1		•	2000	16	320	640	720
17	0.33	13	16.46	15.8	1.4	0.1		•	2000	16	320	640	720
17	0.38	15	16.56	15.8	1.8	0.1		•	1500	16	320	640	720
17	0.45	18	16.70	15.8	2.0	0.1		•	1250	16	320	640	720
17	0.65	25	16.86	15.6	2.5	0.1		•	900	16	320	640	720
17	0.90	35	16.2	14.4	3.0	0.105	•		400	16	320	640	720
20	0.90	35	19.6	17.7	3.0	0.1	•		400	16	320	640	720
22	0.20	8	22.60	22.2	0.7	0.095		•	2000	16	320	640	720
22	0.25	10	22.70	22.2	0.8	0.095		•	1500	16	320	640	720
22	0.33	13	22.86	22.2	1.2	0.095		•	1250	16	320	640	720
22	0.38	15	22.96	22.2	1.4	0.095		•	1000	16	320	640	720
22	0.45	18	23.10	22.2	1.7	0.095		•	900	16	320	640	720
22	0.65	25	23.46	22.2	2.0	0.095		•	700	16	320	640	720



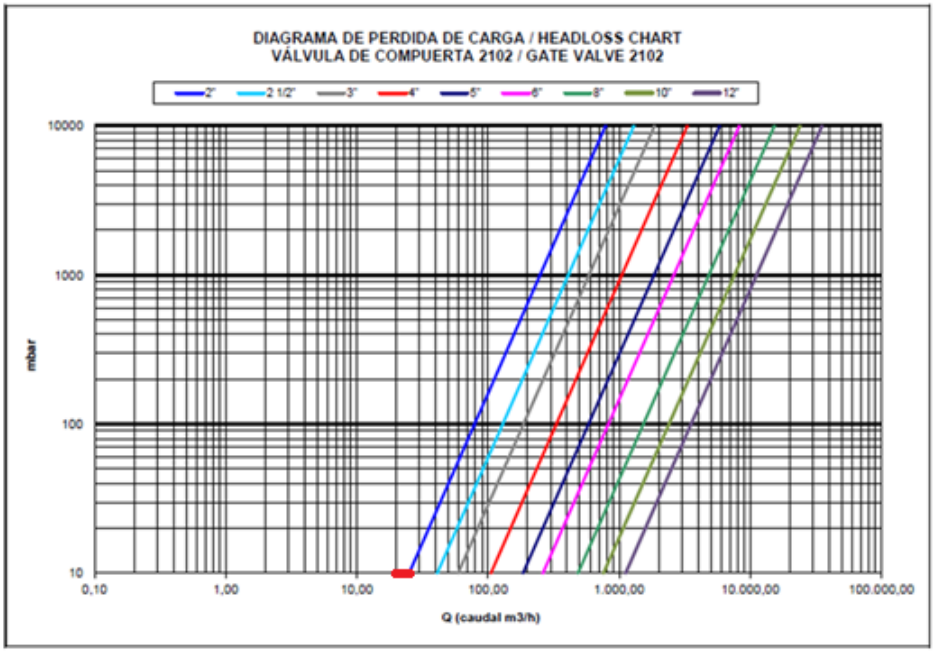
Anexo C2. Válvula hidráulica Raphael.

Caudal recomendado

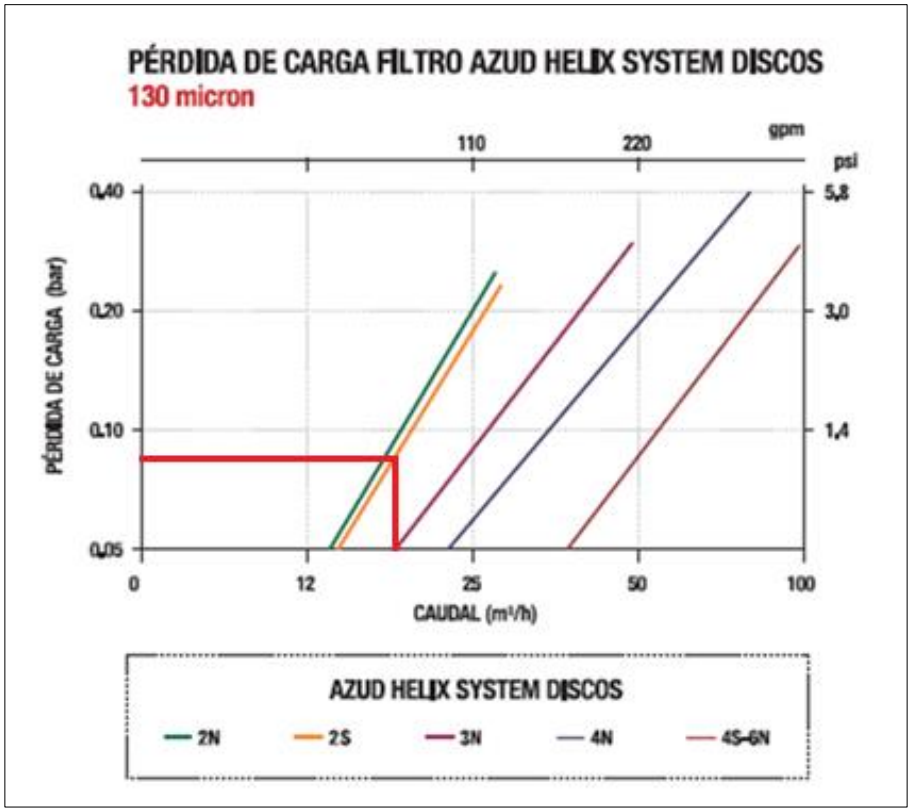
Diámetro Nominal		Caudal Máximo	
[pulgadas]	[mm]	[m³/h]	[gpm]
1.5"	40	25	110
2"	50	25	110
2"S	50S	45	198
2.5"	65	45	198
3"	80	45	198
3"S	80S	120	528
4"	100	120	528
5"	125	120	528



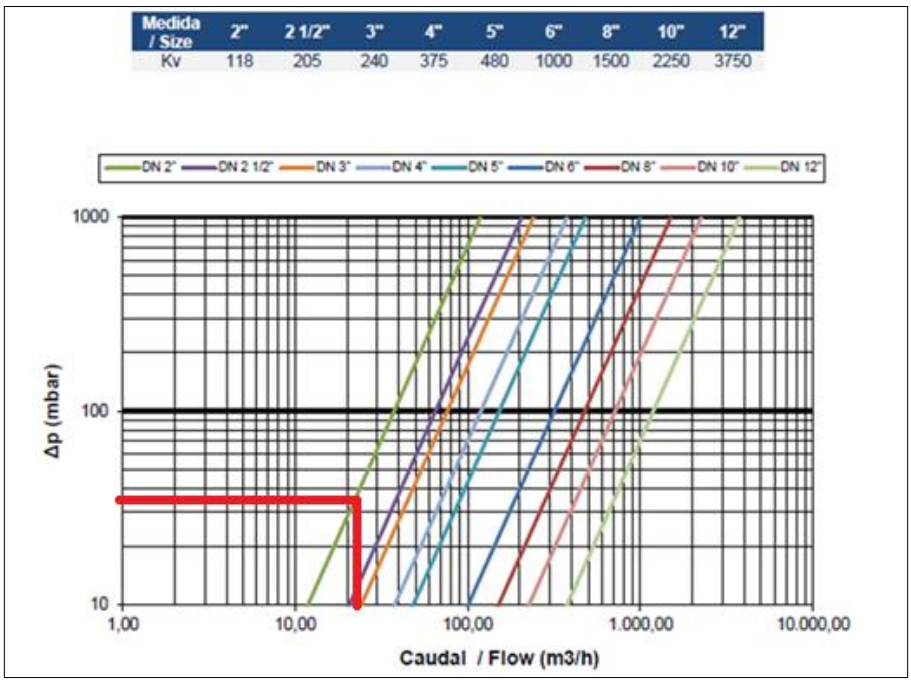
Anexo C3. Válvula de compuerta Genebre.



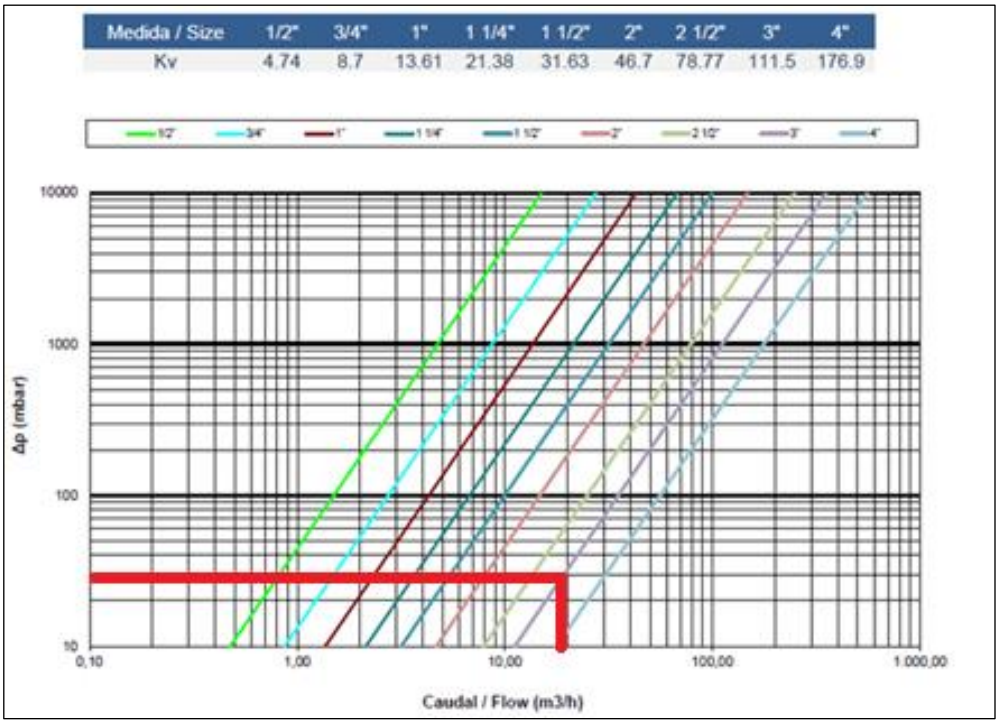
Anexo C4. Filtro de discos Azud



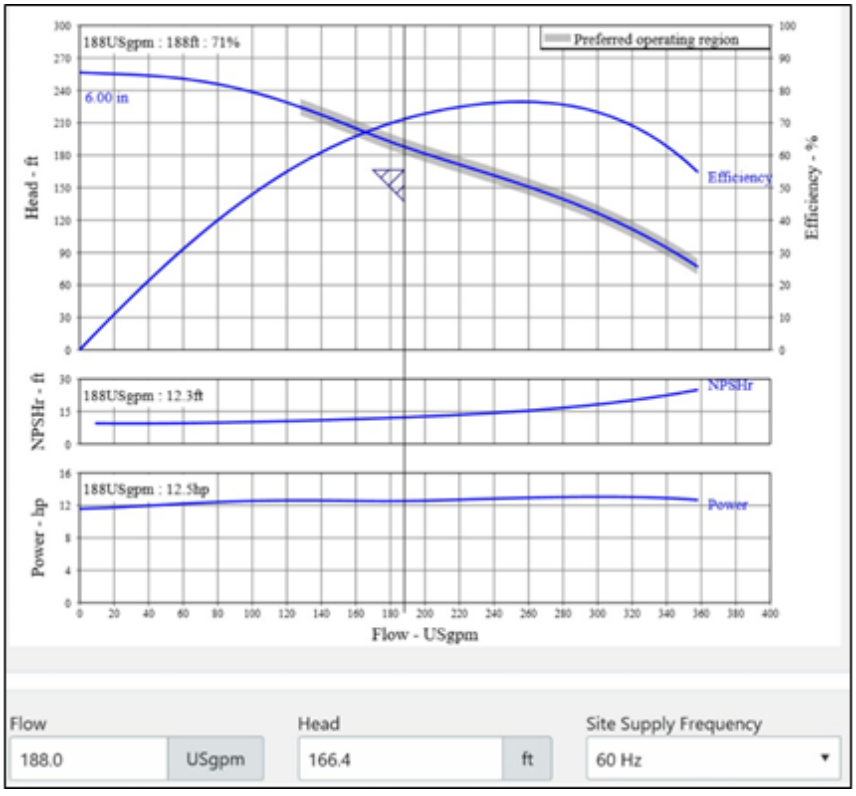
Anexo C5. Caudalímetro Genebre.



Anexo C6. Válvula check Genebre



Anexo C7. Bomba sumergible Serie SR Franklin Electric 250 GPM 6'' 15 HP



ANEXO D. Diseño Hidráulico.

Anexo D1. Perdida de presión del Turno 1 del sistema de riego por goteo.

Descripción	Perdida de presión
Presión de operación del gotero	14.50
Lateral	1.10
Manifold	0.58
Válvula hidráulica	0.87
Desnivel	-1.42
Conducción	2.20
Presión total (PSI)	17.83
Presión total (MCA)	12.53

Nota. Elaboración propia.

Anexo D2. Perdida de presión del Turno 2 del sistema de riego por goteo.

Descripción	Perdida de presión
Presión de operación del gotero	14.50
Lateral	1.10
Manifold	0.58
Válvula hidráulica	0.87
Desnivel	-6.39
Conducción	5.66
Presión total (PSI)	16.32
Presión total (MCA)	11.47

Nota. Elaboración propia.

Anexo D3. Perdida de presión del Turno 3 del sistema de riego por goteo

Descripción	Perdida de presión
Presión de operación del gotero	14.50
Lateral	1.10
Manifold	0.58
Válvula hidráulica	0.87
Desnivel	-2.84
Conducción	9.11
Presión total (PSI)	23.32
Presión total (MCA)	16.39

Nota. Elaboración propia.

Anexo D4. Coeficiente de rugosidad para tubería

CONSTANTE (C)	TIPO DE TUBERÍA
150	Tubería de CPVC, nuevo-40 años antes
130-140	Acero / tubería de hierro fundido, nuevo
125	Tubería de acero, antiguo
120	Hierro fundido, 4 - 12 años antes
110	Acero galvanizado; hierro fundido, 13 - 20 años antes
60-80	Hierro fundido, gastado / picado

Nota. (CORZAN Material & Piping Solutions, 2025)

Anexo D5. Diámetro de la tubería de acero

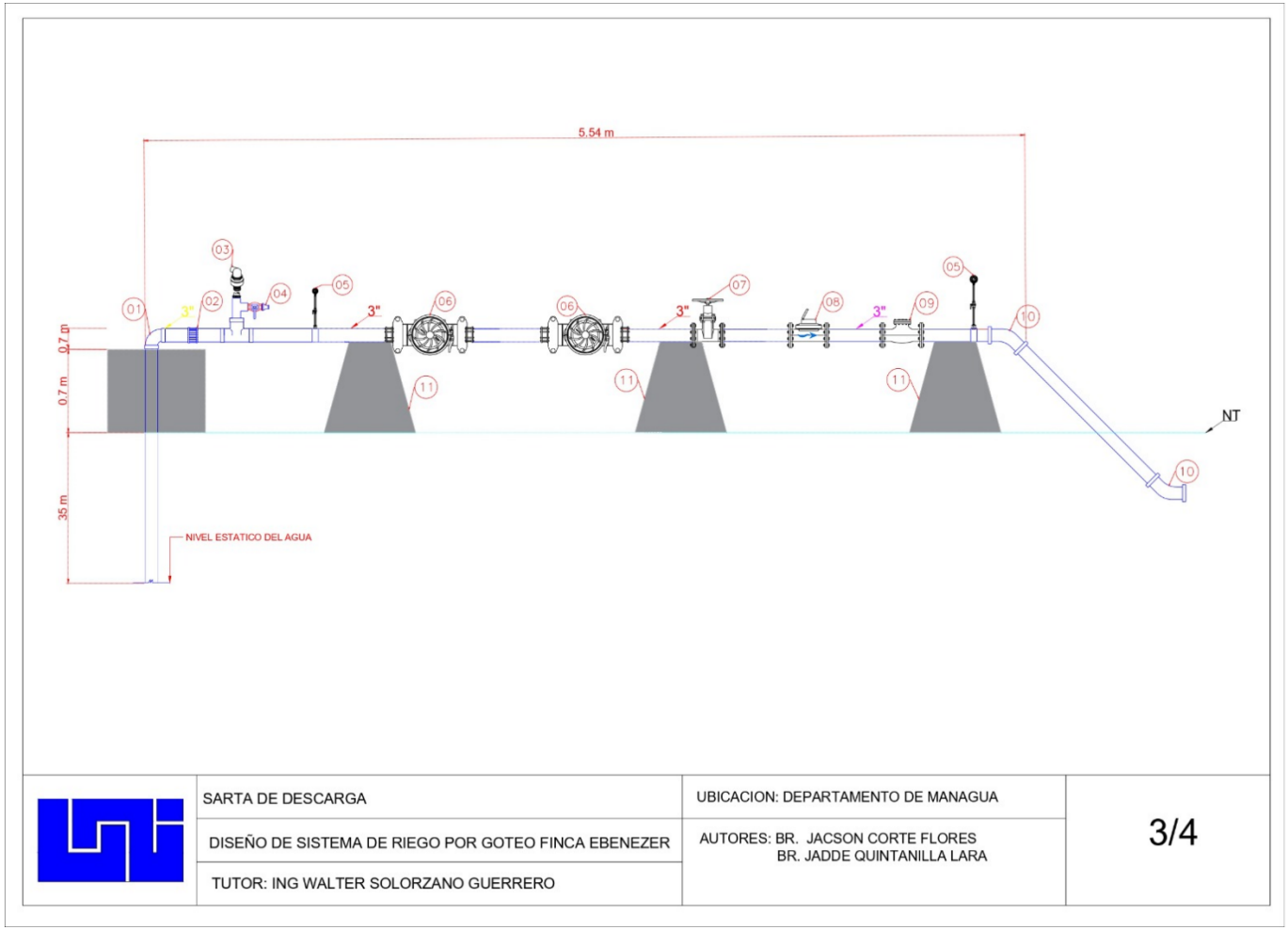
APÉNDICE F

DIMENSIONES DE LA TUBERÍA DE ACERO

TABLA F.1 Cédula 40

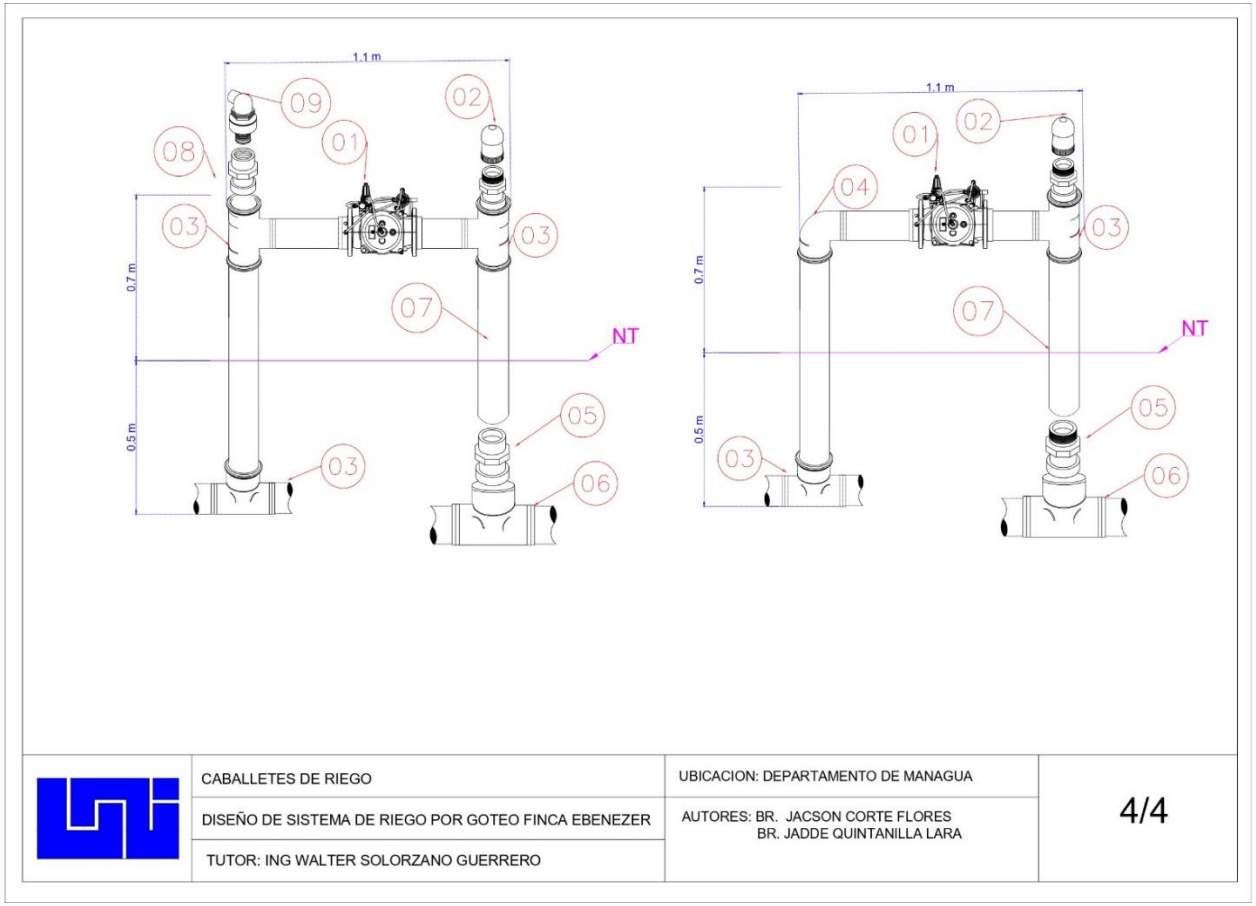
Tamaño nominal de la tubería		Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior			Área de flujo	
NPS (in)	DN (mm)	(in)	(mm)	(in)	(mm)	(in)	(ft)	(mm)	(ft^2)	(m^2)
⅛	6	0.405	10.3	0.068	1.73	0.269	0.0224	6.8	0.000 394	3.660×10^{-5}
¼	8	0.540	13.7	0.088	2.24	0.364	0.0303	9.2	0.000 723	6.717×10^{-5}
⅜	10	0.675	17.1	0.091	2.31	0.493	0.0411	12.5	0.001 33	1.236×10^{-4}
½	15	0.840	21.3	0.109	2.77	0.622	0.0518	15.8	0.002 11	1.960×10^{-4}
¾	20	1.050	26.7	0.113	2.87	0.824	0.0687	20.9	0.003 70	3.437×10^{-4}
1	25	1.315	33.4	0.133	3.38	1.049	0.0874	26.6	0.006 00	5.574×10^{-4}
1¼	32	1.660	42.2	0.140	3.56	1.380	0.1150	35.1	0.010 39	9.653×10^{-4}
1½	40	1.900	48.3	0.145	3.68	1.610	0.1342	40.9	0.014 14	1.314×10^{-3}
2	50	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	0.1723	52.5	0.023 33	2.168×10^{-3}
2½	65	2.875	73.0	0.203	5.16	2.469	0.2058	62.7	0.033 26	3.090×10^{-3}
3	80	3.500	88.9	0.216	5.49	3.068	0.2557	77.9	0.051 32	4.768×10^{-3}
3½	90	4.000	101.6	0.226	5.74	3.548	0.2957	90.1	0.068 68	6.381×10^{-3}
4	100	4.500	114.3	0.237	6.02	4.026	0.3355	102.3	0.088 40	8.213×10^{-3}
5	125	5.563	141.3	0.258	6.55	5.047	0.4206	128.2	0.139 0	1.291×10^{-2}
6	150	6.625	168.3	0.280	7.11	6.065	0.5054	154.1	0.200 6	1.864×10^{-2}
8	200	8.625	219.1	0.322	8.18	7.981	0.6651	202.7	0.347 2	3.226×10^{-2}
10	250	10.750	273.1	0.365	9.27	10.020	0.8350	254.5	0.547 9	5.090×10^{-2}
12	300	12.750	323.9	0.406	10.31	11.938	0.9948	303.2	0.777 1	7.219×10^{-2}
14	350	14.000	355.6	0.437	11.10	13.126	1.094	333.4	0.939 6	8.729×10^{-2}
16	400	16.000	406.4	0.500	12.70	15.000	1.250	381.0	1.227	0.1140
18	450	18.000	457.2	0.562	14.27	16.876	1.406	428.7	1.553	0.1443
20	500	20.000	508.0	0.593	15.06	18.814	1.568	477.9	1.931	0.1794
24	600	24.000	609.6	0.687	17.45	22.626	1.886	574.7	2.792	0.2594

Anexo D7. Sarta de descarga



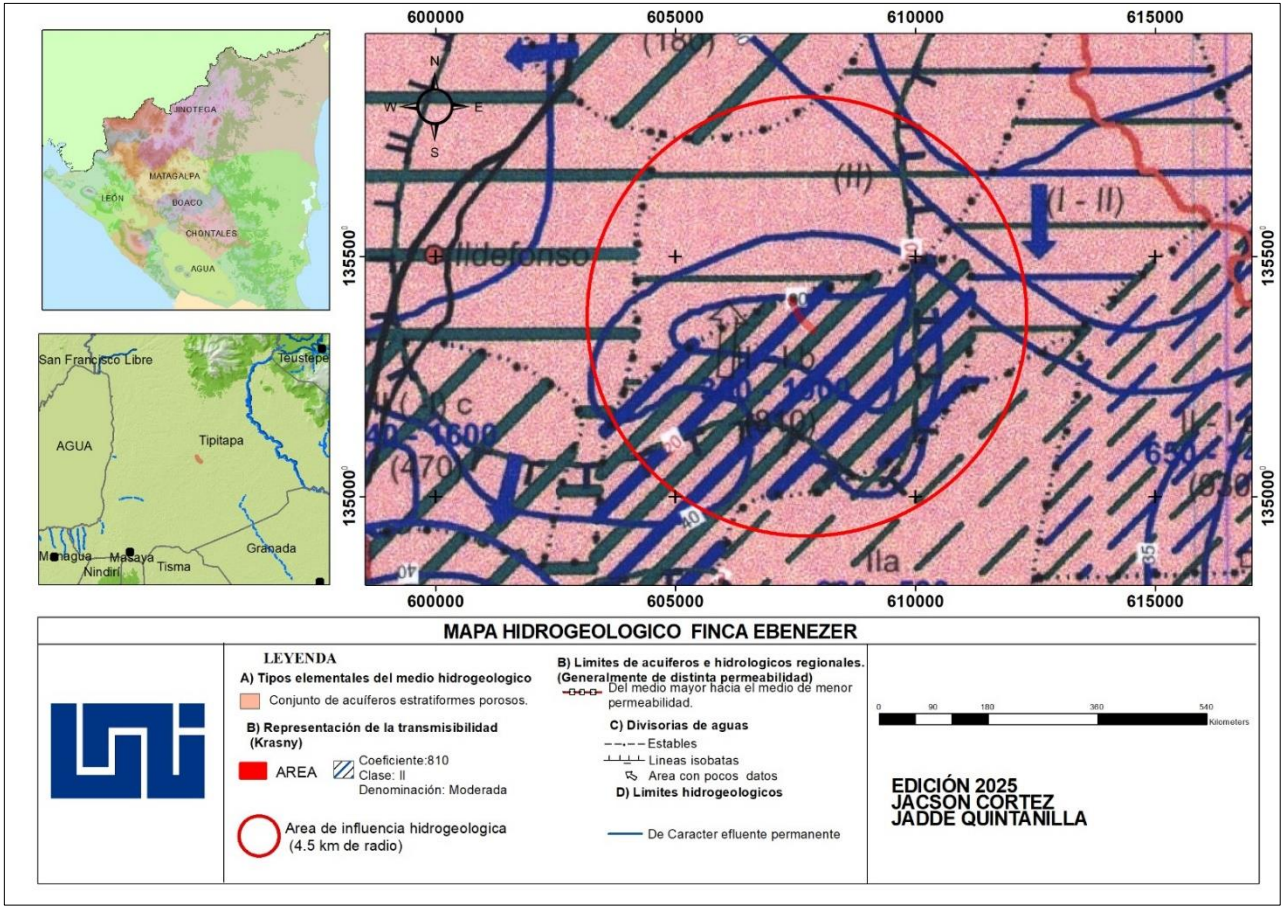
Nota. Elaboración propia

Anexo D8. Caballete de riego



Nota. Elaboración propia

Anexo D9. Mapa hidrogeológico del área de estudio



Nota. Tomado del software ArcGIS, por elaboración propia.

ANEXO E. Costo y presupuesto del proyecto.

Anexo E1. Misceláneos y mano de obra

SERVITEC

RUC 0010202930034R



VENTA, INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE RIEGO Y ACUEDUCTOS

CORREO: solorzanowalter14@gmail.com

CELULAR: 75102888

CLIENTE: Jacson Cortez, Jadde Quintanilla
PROYECTO: Finca Ebenezer
FECHA: 01/12/2025

Item	Cantidad	U/M	Descripción	Precio	Total
1	1	Paquete	Trapos limpiadores	$30.00	$30.00
2	2	Unidad	Marco y hoja de cierra	$8.22	$16.44
3	1	Galón	Acetona	$12.33	$12.33
4	2	Unidad	Tubo de silicón	$12.85	$25.70
5	1	Unidad	Pistola para silicón	$3.50	$3.50
6	5	Unidad	Teflón industrial 3/4"	$7.64	$38.20
7	4	Unidad	PEGAMENTO PVC 1 GL	$27.00	$108.00
9	1	Unidad	jabón líquido para tubería PVC 1/4 de galón	$2.33	$2.33
10	8.12	Manzana	Costo de instalación de sistema de riego	$120.00	$974.40
11	1	Unidad	Costo de instalación de sarta de descarga	$500.00	$500.00
				SUB TOTAL U$	$1,710.90

Anexo E2. Materiales de sarta de descarga

SERVITEC

RUC 0010202930034R



VENTA, INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE RIEGO Y ACUEDUCTOS

CORREO: solorzanowalter14@gmail.com

CELULAR: 75102888

CLIENTE: Jacson Cortez, Jadde Quintanilla
PROYECTO: Finca Ebenezer
FECHA: 01/12/2025

Item	Cantidad	U/M	Descripción	Precio	Total
1	2	Unidad	TUBERIA HG 3" CEDULA 40	$320.00	$640.00
2	2	Unidad	VALVULA DE AIRE TRIPLE EFECTO 1"	$35.00	$70.00
3	1	Unidad	MANOMETRO	$9.00	$9.00
4	2	Unidad	FILTROS DE ANILLO AZUD 4"	$180.00	$360.00
5	2	Unidad	VALVULA TIPO MARIPOSA DE 3"	$85.00	$170.00
6	1	Unidad	CAUDALIMETRO	$350.00	$350.00
7	1	Unidad	CODO HG 45 3"	$21.22	$21.22
8	1	Unidad	CODO HG 90 3"	$21.22	$21.22
9	1	Unidad	VALVULA CHECK 3"	$140.00	$140.00
10	1	Unidad	UNION MECANICA 3"	$13.00	$13.00
11	1	Unidad	VALVULA BOLA 3" PVC	$20.00	$20.00
12	1	Unidad	TEE HG 3"	$26.99	$26.99
				SUB TOTAL U$	$1,841.43

Anexo E3. Materiales de sistema de riego

SERVITEC

RUC 0010202930034R



VENTA, INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE RIEGO Y ACUEDUCTOS

CORREO: solorzanowalter14@gmail.com

CELULAR: 75102888

CLIENTE: Jacson Cortez, Jadde Quintanilla
PROYECTO: Finca Ebenezer
FECHA: 01/12/2025

Item	Cantidad	U/M	Descripción	Precio	Total
1	111	Unidad	TUBERIA PVC SDR 41 4"X6m	$32.00	$3,552.00
2	16	Unidad	TUBERIA PVC SDR 41 3"X6m	$18.00	$288.00
3	145	Unidad	TUBERIA PVC SDR 41 2"X6m	$12.00	$1,740.00
4	6	Unidad	TEE PVC 3"	$10.00	$60.00
5	10	Unidad	TEE PVC 4"	$13.00	$130.00
6	6	Unidad	TAPON PVC LISO 3"	$6.00	$36.00
7	8	Unidad	VALVULA HIDRAULICA 2"	$160.00	$1,280.00
8	2	Unidad	VALVULA DE AIRE TRIPLE EFECTO 1"	$35.00	$70.00
9	8	Unidad	VALVULA DE AIRE CINETICA 1"	$15.00	$120.00
10	8	Unidad	TEE PVC 2"	$3.00	$24.00
11	20	Unidad	CODO PVC 2" X 90°	$2.50	$50.00
12	8	Unidad	REDUCTOR PVC LISO 4"/2"	$6.00	$48.00
13	8	Unidad	REDUCTOR PVC LISO 4"/3"	$6.00	$48.00
14	16	Unidad	REDUCTOR PVC LISO 2"/1"	$4.00	$64.00
15	8	Unidad	REDUCTOR PVC LISO 1"/1/2"	$3.50	$28.00
16	35000	Unidad	CINTA DE GOTEO 20CM/1LPH/8MIL	$0.08	$2,863.64
17	226	Unidad	MANGUERA DE PE 16MM 2.5ATM	$0.45	$101.70
18	452	Unidad	CONECTORE SECUNDARIO	$0.15	$67.80
19	452	Unidad	CONECTOR INICIAL PVC-PE MAS GROMET	$0.15	$67.80
20	20	Unidad	UNION CINTA-CINTA	$0.30	$6.00
				SUB TOTAL U$	$10,644.94

ANEXO F. Planos

XI. BIBLIOGRAFIA

Araujo, E., & Avalos, J. (2023). *Densidad aparente .*

Arcila, M., Aranzazu, L., Castrillon, C., Valencia, J., Benavides, M., & Castellanos, P. (1999). *El cultivo de platano.*

AZUD. (2024). *AZUD*. Retrieved from AZUD: https://azud.com/blog/descubre-que-es-un-sistema-de-riego-por-goteo/

Barria, H., Uribe, H., & Jil, P. (2021). *Medicion de la velocidad de infiltracion para riego en praderas .*

Cardenas, E. C., Zuñiga, N., Espinoza, F., Moscoso, M., Lindom, B., & Lurayni, L. (2012). *El cultivo de platano, manual tecnico.*

Cardona, L., Betancourt, M., Rodriguez, G., Patiño, A., Palacios, S., Garcia, B., & Bedoya, C. (2017). *Cultivo de platano .*

Cherlinka, V. (2023). *Eos Data Analytics*. Retrieved from Eos Data Analytics: https://eos.com/es/blog/humedad-del-suelo/#:~:text=Se%20considera%20humedad%20de%20suelo,agua%20por%20pie%20de%20suelo.

CORZAN Material & Piping Solutions. (2025). *Manejo de fluido y diseño hidraulico de las tuberias* . Retrieved from https://www.corzan.com/es-mx/sistemas-de-tuberias/especificacion/manejo-de-fluidos

FAO. (1994). *Food And Agriculture Organization*. Retrieved from Food And Agriculture Organization.

FAO. (2006). *Evapotranspiracion del cultivo.*

FAO. (2020). *Prueba de infiltracion- propiedades fisicas del suelo- ejercicio PO5.*

Fertilab. (2020). Retrieved from https://www.fertilab.com.mx/AdminFertilab/Notas_Tecnicas/pdf_nota/Interpretacion_de_Resultados_de_Textura_y_Humedad_del_Suelo.pdf

Gisbert, J., Ibañez, S., & Moreno, H. (2012). *El espacio poroso.*

Liotta, e. a. (2015). *Manual de capacitacion Riego por goteo .*

MEFCCA. (2020). *Guia tecnica, establecimiento y manejo del cultivo de platano.* Managua, Nicaragua.

Orellana, F. a. (2008). *Diseño de un sistema de riego por goteo en el área de El Llano en El Zamorano, Honduras.* Tegucigalpa: Zamorano Honduras.

Pérez, E. A., Mairena, S. E., & Martinez, L. E. (2017). *Diseño de una base de datos Geoespacial con sistema de riego en la comunidad del Timal Malacatoya Tipitapa, Managua, Nicaragua.* Managua: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA.

Ramon, S. (2021). *Evaluacion de diferentes metodos de aplicacion de fungicidas y extractos botanicos para el control de pudricion de corona de banano.*

Rivulis. (2023). *Diseño hidraulico- turno de riego*. Retrieved from https://es.rivulis.com/knowledge-hub/diseno-instalacion-y-puesta-en-marcha/diseno-hidraulico/altura-del-medidor-y-altura-estatica/turno-de-riego/#:~:text=Turno%20de%20riego-,Un%20turno%20de%20riego%20ocurre%20cuando%20se%20riega%20un%20bloque,Una%20v%C3%A

Sepulveda, C. (2020). *Estudios de infiltracion y determinacion de la constante de permeablidad en los suelos de la facultad de ingenieria de la universidad de Talca.*

Uribe, H., & Ruiz, R. (2024). Riego y evapotranspiracion.

Valverde, J. (2022). *Creacion de capacidades para la adaptacion al cambio climatico en sistemas agropecuarios en Costa Rica.*

Zamora, E. A. (2021). *“Diseño de un sistema de riego por goteo para el cultivo de platano (Musa paradisiaca), en la finca Doña Martha, Comarca Chacalapa,*

Municipio de Belen, Departamento de Rivas". Managua : Universidad Nacional de Ingenieria .