Universidad Nacional de Ingeniería

Área de Conocimiento de Agricultura

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION PARA EL CULTIVO DE PASTO (*PASTUS*) EN LA FINCA EL BRASIL, UBICADA EN COMUNIDAD EL BRASIL, MUNICIPIO VILLA EL CARMEN, DEPARTAMENTO DE MANAGUA, 2025”.

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Br. Gabriela Karina Mojica Reyes
Carnet: 2021-0552U

Br. Yair Alonso Estrada Rocha
Carnet: 2021-0505U

Tutor:

Ing. Walter Arnulfo Solórzano Guerrero

04 de agosto de 2026
Managua Nicaragua

Dedicatoria

A **Dios**, quien ha sido mi refugio, mi fortaleza y mi luz en cada paso de este camino. Gracias por darme la sabiduría, la paciencia y la perseverancia necesarias para superar cada reto y permitirme alcanzar una de las metas más importantes de mi vida.

A mi mamá **Lic. Gabriela Reneé Reyes Portocarrero** mi mayor ejemplo de amor, esfuerzo y valentía. Gracias por tus sacrificios silenciosos, por tus consejos oportunos, por creer en mí incluso cuando yo dudaba y por impulsarme siempre a seguir adelante. Este logro es tan tuyo como mío, porque en cada página de este trabajo está reflejado todo el amor y apoyo que me has brindado.

A mi hermana, **Denisse Gabriela Rivera Reyes** por su cariño sincero, su compañía y sus palabras de ánimo en los momentos en que más lo necesité. Gracias por estar a mi lado y por celebrar conmigo cada pequeño avance.

A **mi familia**, por ser mi base, mi apoyo incondicional y mi fuente constante de motivación. Por sus oraciones, su confianza y recordarme siempre que con esfuerzo y dedicación todo es posible. Con profundo amor y gratitud, dedico esta monografía a las personas que han sido mi inspiración y mi fuerza para no rendirme.

Al **Ing. Walter Arnulfo Solorzano Guerrero**, por su orientación, dedicación y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo. Agradezco su disposición para compartir sus conocimientos, así como sus observaciones y recomendaciones, las cuales fueron fundamentales para la mejora y culminación de este estudio.

Este logro representa el resultado de muchos sacrificios, pero, sobre todo, del amor y apoyo de quienes han caminado conmigo en cada etapa de este sueño hecho realidad.

Br. Gabriela Karina Mojica Reyes

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a **Dios** por bendecirme con la vida, la salud y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi formación académica. Su amor y guía me dieron la fortaleza para superar cada obstáculo y mantenerme firme en el camino hacia esta meta.

A mi mamá **Lic. Gabriela Reneé Reyes Portocarrero**, por su amor incondicional, sus sacrificios y su apoyo constante. Gracias por creer siempre en mí, por motivarme a seguir adelante y por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo, dedicación y perseverancia.

A mi hermana, **Denisse Gabriela Rivera Reyes**, por su amor, apoyo y compañía a lo largo de nuestras vidas. Gracias por estar siempre presente, por escucharme, aconsejarme y brindarme palabras de aliento en cada etapa de mi camino.

Agradezco a **Lic. José Daniel Ramos Duarte**, por su apoyo incondicional y por estar siempre dispuesto a ayudarme. Gracias por dedicar tiempo a explicarme aquello que no comprendía, por orientarme con paciencia y por motivarme a continuar hasta alcanzar esta meta.

A **Luca**, mi amado gato, por su compañía fiel y por esos momentos de ternura y tranquilidad que hicieron más llevaderas las largas horas de estudio y trabajo.

A mi novio y compañero de monografía **Yair Alonzo Estrada Rocha** por su amor, comprensión y apoyo incondicional. Gracias por ser un gran sustento en este camino, por compartir conmigo tus conocimientos, por enseñarme con paciencia y por acompañarme en cada etapa de este proceso.

Br. Gabriela Karina Mojica Reyes

Dedicatoria

A **Dios**, primeramente, por ser mi guía constante, darme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para seguir adelante en cada etapa de este camino. Sin su presencia en mi vida, nada de esto habría sido posible.

A mis padres, **Suyapa Concepción Rocha Godoy** y **Salvador Estrada Mayorga** por su amor incondicional, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles, y por brindarme siempre su apoyo tanto en lo material como en la confianza. Gracias por sus consejos, su paciencia y por ser el pilar fundamental que me ha permitido alcanzar este logro.

A mis abuelos por parte de mi padre, **Jerónima del Carmen López** y **Salvador Estrada Morales** quienes con su esfuerzo, valores y ejemplo de vida han sido una inspiración constante. Este logro también es para ustedes, como fruto del camino que han ayudado a construir.

A mis abuelos por parte de mi madre, **Iris Rosalía Godoy Cruz** y **Orlando José Rocha Guevara** que ya no están físicamente, pero viven en mi memoria y en mi corazón. Este logro también les pertenece, como un homenaje a su amor y a todo lo que representaron en mi vida.

Al tutor de esta monografía, **Ing. Walter Arnulfo Solorzano Guerrero**, a quien agradezco profundamente por compartir sus conocimientos, por la confianza brindada y por todo lo que me ha enseñado acerca del sistema de diseño de riego. Su paciencia y dedicación fueron fundamentales para mi aprendizaje y para el desarrollo de este trabajo.

Br. Yair Alonzo Estrada Rocha

Agradecimiento

A **Dios**, primeramente, por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar este proceso, y por acompañarme en cada etapa de este camino.

A mis padres, **Suyapa Concepción Rocha Godoy** y **Salvador Estrada Mayorga** por el sacrificio realizado para brindarme las condiciones materiales necesarias para salir adelante y culminar mis estudios.

A mis hermanos, **Cristhian Salvador Estrada Rocha** y **Jesús Adrián Estrada Rocha** por inspirarme a seguir adelante sin importar las dificultades, siendo una motivación constante en este proceso.

A mi cuñada **Lic. Bianca María Reyes Escobar**, por su apoyo constante, sus palabras de aliento y motivación, que han sido de gran ayuda durante este proceso, animándome a seguir adelante y a no rendirme en los momentos de mayor esfuerzo.

A mi tío, **José Ramón Godoy**, por haberme hecho comprender en su momento la importancia de la vida y la responsabilidad que implica desempeñarse en los estudios.

A mi gato, **Chele Pastilla** por su compañía constante en muchas noches de dedicación.

A mis **abuelos**, quienes se merecen este logro, por su ejemplo, enseñanzas y apoyo a lo largo de mi vida.

A mi novia, **Gabriela Karina Mojica Reyes** por la confianza que ha puesto en mí y por su apoyo durante este proceso.

Br. Yair Alonzo Estrada Rocha

Resumen

La propuesta de diseño de un sistema de riego por aspersión para el cultivo de pasto (Pastus) en la finca El Brasil, ubicada en la comunidad El Brasil, municipio de Villa El Carmen, departamento de Managua, Nicaragua. Se desarrolló con el objetivo de optimizar el uso del recurso hídrico y garantizar una producción eficiente del pasto estrella, considerando las condiciones edafoclimáticas, topográficas e hidráulicas de la zona de estudio.

La caracterización edafoclimática del suelo mediante un análisis de laboratorio indicó un suelo de textura franco-arcillosa, con pH neutro de 6.7, conductividad eléctrica de 527 µS, densidad aparente baja de 0.719 g/cm³ y alta capacidad de retención de humedad del 54.31%, siendo características favorables para el establecimiento del cultivo y la implementación del sistema de riego. Además, de una velocidad de infiltración de 10.78 mm/h superior a la intensidad de aplicación del sistema.

En el diseño agronómico se calcularon los requerimientos hídricos del cultivo mediante el software CropWat, considerando variables de evapotranspiración, precipitación y déficit hídrico. Posteriormente, se desarrolló el diseño geométrico y el diseño hidráulico del sistema, definiendo la distribución de tuberías, número de turnos de riego, caudales, presiones de trabajo y pérdidas por fricción. Asimismo, se seleccionó el equipo de bombeo adecuado en función de la carga total dinámica y las necesidades operativas del sistema.

El diseño propuesto corresponde a un sistema de riego por aspersión fija para un área de 4 hectáreas, dividido en 4 turnos de operación que permiten una distribución uniforme del agua y un funcionamiento eficiente del sistema. Se elaboró un análisis de costos de inversión, incluyendo materiales, accesorios hidráulicos, tuberías y equipo de bombeo, en el cual se determinó un costo de inversión de C$ 366,708.15 córdobas para la ejecución del proyecto.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 1
II. ANTECEDENTES 2
III. JUSTIFICACIÓN 3
IV. OBJETIVOS 4
4.1. Objetivo General 4
4.2. Objetivos Específicos 4
V. MARCO TEORICO 5
5.1. Generalidades de Pasto Estrella 5
5.1.1. Taxonomía 5
5.1.2. Requerimientos edafoclimáticos 5
5.2. Parámetros edafoclimáticos 6
5.2.1. Capacidad de campo 6
5.2.2. Punto de marchitez permanente 6
5.2.3. Humedad disponible 6
5.2.4. Infiltración 6
5.2.5. Precipitación 6
5.2.6. Evapotranspiración 6
5.2.7. Parámetros físicos 7
5.2.8. Parámetros químicos del suelo 7
5.3. Diseño del sistema de riego 7
5.3.1. Diseño Agronómico 8
5.3.2. Diseño Geométrico 9
5.3.3. Diseño Hidráulico 10
5.4. Tipos de sistemas de riego por aspersión 10
5.4.1. Por movilidad 10
5.4.2. Por sistema 11

5.4.3. Componentes del sistema de riego por aspersión 11
VI. METODOLOGÍA 13
6.1. Tipo de investigación 13
6.1.1. Enfoque de la investigación 13
6.1.2. Alcance de la investigación 13
6.1.3. Tiempo de ocurrencia 13
6.2. Descripción de la zona de estudio 14
6.2.1. Macro localización 14
6.2.2. Micro localización 15
6.3. Propiedades edafoclimáticas del suelo 16
6.4. Diseño agronómico riego por aspersión 16
6.4.1. Caudal requerido 16
6.4.2. Intensidad de Riego 17
6.4.3. Frecuencia de riego 17
6.4.4. Lamina de Riego 17
6.4.5. Tiempo de Riego 18
6.4.6. Caudal por hectárea 18
6.4.7. Caudal total 18
6.4.8. Número de turnos 18
6.5. Red de distribución 19
6.5.1. Área por turno 19
6.5.2. Caudal por turno 19
6.5.3. Jornada de Riego 19
6.5.4. Aspersores Regando 20
6.6. Diseño Geométrico 20
6.7. Diseño Hidráulico 20
6.7.1. Pérdidas por fricción Hazen- Williams 20

6.7.2. Pérdidas permisibles 21
6.7.3. Velocidades permisibles 21
6.7.4. Diámetro 21
6.7.5. Carga total dinámica (CTD) 22
6.7.6. Potencia del equipo de bombeo 22
6.8. Costo de inversión para el diseño 22
VII. ANÁLISIS DE RESULTADO 23
7.1. Propiedades edafoclimáticas 23
7.1.1. Propiedades químicas 23
7.1.2. Textura del suelo 24
7.1.3. Densidad aparente 25
7.1.4. Densidad real 28
7.1.5. Capacidad de campo 29
7.1.6. Punto de Marchitez Permanente 31
7.1.7. Agua disponible 31
7.1.8. Velocidad de infiltración 32
7.2. Plano topográfico 35
7.3. Riego por aspersión fija 36
7.3.1. CropWat 36
7.3.2. Diseño agronómico 38
7.3.3. Diseño geométrico 42
7.3.4. Diseño hidráulico 43
7.3.5. Selección de la bomba 51
7.4. Costo de inversión 54
7.4.1. Lista de materiales 54
7.4.2. Lista de excavación 56
VIII. CONCLUSIÓN 58

IX. RECOMENDACIONES 59
X. BIBLIOGRAFÍA 60
XI. ANEXOS i

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Caudal requerido 17
Ecuación 2: Intensidad de Riego 17
Ecuación 3: Frecuencia de riego 17
Ecuación 4: Lamina de riego 17
Ecuación 5: Tiempo de riego 18
Ecuación 6: Caudal por hectárea 18
Ecuación 7: Caudal total 18
Ecuación 8: Número de turnos 18
Ecuación 9: Área por turno 19
Ecuación 10: Caudal por turno 19
Ecuación 11: Jornada de riego 19
Ecuación 12: Aspersores regando 20
Ecuación 13: Pérdidas por fricción Hazen – Williams 21
Ecuación 14: Velocidad 21
Ecuación 15: Diámetro de tubería 21
Ecuación 16: Carga total dinámica 22
Ecuación 17: Potencia 22
Ecuación 18: Fórmula de volumen del cilindro. 26
Ecuación 19: Fórmula de densidad aparente 26
Ecuación 20: Fórmula de porosidad total 27
Ecuación 21: Fórmula de densidad real 28
Ecuación 22: Fórmula de capacidad de campo 29
Ecuación 23: Fórmula de porosidad de aireación 30
Ecuación 24: Fórmula de punto de marchitez permanente 31
Ecuación 25: Fórmula de agua disponible 31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Taxonomía del Pasto Estrella 5
Tabla 2: Requerimientos edafoclimáticos del Pasto Estrella 5
Tabla 3: Datos de pH, conductividad eléctrica y partes por millón de sales minerales en el medio 23
Tabla 4: Datos de método de Bouyoucos 24
Tabla 5: Promedios de textura del suelo 25
Tabla 6: Datos de densidad aparente 26
Tabla 7: Evaluación de la Densidad Aparente 27
Tabla 8: Evaluación de la Porosidad Total 27
Tabla 9: Datos de densidad real 28
Tabla 10: Evaluación de la densidad 29
Tabla 11: Evaluación de la Densidad Real 29
Tabla 12: Datos de capacidad de campo 29
Tabla 13: Evaluación de la Capacidad de Campo 30
Tabla 14: Evaluación de la porosidad de aireación 31
Tabla 15: Datos en prueba de infiltración 32
Tabla 16: Velocidad de infiltración obtenida en prueba experimental 33
Tabla 17: Coeficientes del cultivo de pasto para pastoreo en sus diferentes etapas fenológicas 37
Tabla 18: Evo transpiración real, déficit neto y déficit bruto 37
Tabla 19: Diseño agronómico aspersión 41
Tabla 20: Valores para cálculo de pérdidas 43
Tabla 21: Evaluación de pérdidas en tubería secundaria 44
Tabla 22: Valores para la relación 20% lateral maninfold 44
Tabla 23: Condición lateral y maninfold 20% 45
Tabla 24: Valores para las pérdidas en válvula 45
Tabla 25: Resultados técnicos de pérdidas en válvula 46
Tabla 26: Evaluación pérdidas por fricción en tubería principal tramo 1/ turno 2 46
Tabla 27: Pérdidas por fricción en tramos de tuberías primaria en turno 2 47
Tabla 28: Resultados pérdidas por altura estática 47
Tabla 29: Resultados pérdidas en tubería primaria y secundaria 48

Tabla 30: Pérdidas en caudalímetro turno 2 48
Tabla 31: Pérdidas en válvula check para turno 2 49
Tabla 32: Pérdidas en tubería de succión 49
Tabla 33: Evaluación CTD en turno 2 50
Tabla 34: Resumen de pérdidas en turnos 50
Tabla 35: Selección de motobomba 52
Tabla 36: Resultado en curva característica de bomba 52
Tabla 37: Lista de materiales del sistema de riego por aspersión 54
Tabla 38: Lista de costo de excavación 56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de macro localización 14
Figura 2: Mapa de micro localización 15
Figura 3: Triángulo textura 25
Figura 4: Velocidad de infiltración 34
Figura 5: Plano topográfico 35
Figura 6: Resultado de la Evapotranspiración 36
Figura 7: Diseño geométrico por aspersión fija 42
Figura 8: Plano de diseño hidráulico 51
Figura 9: Esquema de sarta de descarga y caballete de riego 53

ANEXOS

Anexo 1: Extracción de muestra inalterada del suelo i
Anexo 2: Remoción del suelo alterado i
Anexo 3: Prueba de infiltración por el método de Porchet ii
Anexo 4: Método del tacto al suelo ii
Anexo 5: Medición del pH iii
Anexo 6: Medición de conductividad eléctrica iii
Anexo 7: Densidad del agua destilada a distintas temperaturas iv
Anexo 8: Coeficiente Kc del pasto estrella iv
Anexo 9: Aspersor NaandanJain 5035 SD iv
Anexo 10: Tabla de rendimiento v

Anexo 11: Motobomba BA 3x3 6.5 HP v
Anexo 12: Especificaciones válvula hidráulica vi
Anexo 13: Determinación de pérdida en válvula hidráulica vi
Anexo 14: Ficha técnica de caudalímetro vii
Anexo 15: Curva característica del caudalímetro vii
Anexo 16: Ficha técnica de válvula check viii
Anexo 17: Curva característica de válvula check viii
Anexo 18: Ficha técnica motobomba Barnes ix
Anexo 19: Grafica curva característica de bomba marca Barnes QG 3 150 HFix
Anexo 20: Tabla de diámetros internos en tubería x
Anexo 21: Tabla de rendimiento de pegamento en accesorios x
Anexo 22: Tabla rendimiento de pegamento en tubería xi
Anexo 23: Bahot xi
Anexo 24: Bordillo de la fuente de agua xii
Anexo 25: Fuente de agua (noria) xii
Anexo 26: Cálculo de pegamento xi
Anexo 27: Cotización de materiales xiii

I. INTRODUCCIÓN

El riego es una práctica agrícola fundamental que asegura la disponibilidad de agua en cantidades adecuadas para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. La implementación de sistemas de riego permite a los agricultores asegurar una disponibilidad constante de agua para sus cultivos, lo que resulta en una reducción de la incertidumbre relacionada con las cosechas. Un suministro eficiente de agua favorece el crecimiento saludable de las plantas, mejora la germinación de semillas y aumenta la tasa de rendimiento, permitiendo cosechar más en cada hectárea (Ramírez, 2024).

El cultivo de pasto es de gran importancia en Nicaragua, ya que constituye la principal fuente de alimentación para el ganado, especialmente durante la época seca, cuando las precipitaciones disminuyen y la disponibilidad de forraje se ve afectada. Por lo que la implementación de sistemas de riego en estos cultivos permite garantizar una producción continua y adecuada de pasto, contribuyendo a mantener la productividad ganadera y la sostenibilidad del sector pecuario.

En el presente documento de investigación, se presenta la propuesta de un diseño de sistema de riego por aspersión para el cultivo de pasto, mostrando la metodología a cumplir, la cual consistió en la recolección de datos, tales como localización y levantamiento topográfico del área de estudio, datos climáticos, evaluación de la fuente de abastecimiento, haciendo de este modo, que la propuesta del diseño sea eficiente y operativa.

Una vez definido y establecido el diseño, se realizó el análisis económico operativo correspondiente, evaluando los costos de inversión y operación. El objetivo fue elaborar una oferta técnica que se ajuste a las condiciones del riego por aspersión, garantizando un costo de inversión en el proyecto en comparación con las condiciones actuales sin implementación de un sistema de riego.

II. ANTECEDENTES

Acorde Jiménez (2017), En la década de 1960, Israel se convirtió en pionero en la investigación y desarrollo de sistemas de riego por aspersión, perfeccionando técnicas que permitieron un uso más eficiente del agua en zonas áridas y semiáridas. Este avance se debió a la mejora en la fabricación de emisores plásticos que evitaban bloqueos.

En Nicaragua el potencial agropecuario es de 11.9 millones de hectáreas, de estas aproximadamente 1.6 millones son de uso amplio, las 10.3 millones restantes tienen limitaciones para la producción de cultivos anuales, de los suelos con uso amplio unas 625 mil ha son de uso amplio, en las que se puede sembrar y cultivar cualquier cultivo con alta productividad. La mayor parte de estas está en la región del pacifico. La agricultura bajo riego en Nicaragua se inició en la década de los años 50 y representó el 6.4% de la actividad agrícola total.

Según un estudio realizado por (Chavez Solis, Hernandez Linarte, & Perez Aguilar, 2017) diseñaron e instalaron un sistema de riego por cañones para cultivo de pasto mejorado Maralfalfa en la finca El Brasil ubicada en el municipio de San Francisco Libre, donde se procedió a realizar los cálculos correspondientes para un diseño e instalación con resultados óptimos enfocados a un buen funcionamiento del sistema y aplicar la cantidad de agua que el pasto necesita.

En la finca El Brasil, anteriormente el terreno era aprovechado para el cultivo de pasto destinado a la alimentación ganadera. No contaba con un sistema de riego tecnificado; sin embargo, el riego se realizaba de manera empírica, aprovechando el desnivel presente en el terreno, lo que permitía distribuir el agua por gravedad hacia las áreas cultivadas. Actualmente, el terreno continúa siendo apto para el cultivo de pasto, lo que representa una oportunidad para implementar un sistema de riego más eficiente que contribuya a mejorar la producción y el aprovechamiento del recurso hídrico.

III. JUSTIFICACIÓN

El riego en Nicaragua es una práctica agrícola esencial que permite optimizar la disponibilidad de agua y mejorar la producción de los cultivos. A pesar de que el país cuenta con importantes recursos hídricos, la limitada infraestructura para el manejo del riego restringe su aprovechamiento eficiente en el sector agrícola. Esta situación ha generado una alta dependencia de las precipitaciones, exponiendo a los productores a los efectos de las sequías y a las variaciones climáticas, lo que afecta directamente la productividad agrícola y ganadera (Lezama Rodríguez & Gutiérrez Mora, 2022).

La comunidad Villa El Carmen, ubicada en el departamento de Managua, forma parte del corredor seco de Nicaragua, una zona caracterizada por la irregularidad de las lluvias y la vulnerabilidad a períodos de sequía. Esta condición limita la disponibilidad de agua para las actividades agrícolas, especialmente en el cultivo de pasto destinado a la alimentación del ganado, generando dificultades para mantener una producción constante durante todo el año.

Ante esta problemática, surge la necesidad de diseñar un sistema de riego por aspersión para la finca El Brasil, que permita garantizar un suministro adecuado de agua al cultivo de pasto, considerando las condiciones topográficas del terreno. Asimismo, el desarrollo del diseño agronómico, hidráulico y geométrico contribuirá a optimizar el uso del recurso hídrico y mejorar la eficiencia del riego. La implementación de este sistema permitirá fortalecer la producción de forraje, beneficiando la actividad ganadera y promoviendo un uso más eficiente y sostenible del agua en la zona.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

- Diseñar un sistema de riego por aspersión en el cultivo de Pasto (***Pastus***) en la finca El Brasil, ubicada en comunidad El Brasil, municipio Villa El Carmen, departamento de Managua.

4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar las propiedades edafoclimáticas en la finca El Brasil a través de un análisis de suelo.

- Realizar el diseño agronómico, geométrico e hidráulico del sistema de riego por aspersión, satisfaciendo los requerimientos hídricos del cultivo de Pasto.

- Determinar los costos de inversión en la instalación del sistema de riego por aspersión para el cultivo de Pasto, en la finca El Brasil.

V. MARCO TEORICO

5.1. Generalidades de Pasto Estrella

El pasto estrella *(Cynodon nlemfuensis*) es una gramínea perenne de rápido crecimiento, ampliamente utilizada en la ganadería nicaragüense. Destaca por su alta resistencia a la sequía, agresiva cobertura para eliminar malezas y un contenido de proteína que oscila entre el 11% y 16%, siendo clave para la producción de carne y leche. (González, 2019)

5.1.1. Taxonomía

Tabla 1: Taxonomía del Pasto Estrella

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Chloridoideae
Tribu	Cynodonteae
Género	Cynodon
Especie	Cynodon nlemfuensis

Nota: *(González, 2019).*

5.1.2. Requerimientos edafoclimáticos

Tabla 2: Requerimientos edafoclimáticos del Pasto Estrella

Requerimientos edafoclimáticos	
Temperatura C°	17°C - 27°C
Altitud (msnm)	0 – 1.800
Precipitaciones (mm)	800 – 2.800
Suelo (textura)	arenoso, arcilloso
pH	5,5 – 8

Nota: *(INATEC, 2017).*

5.2. Parámetros edafoclimáticos

5.2.1. Capacidad de campo

Se refiere a la cantidad de humedad o contenido de agua que retiene el suelo después de que el exceso de agua se haya drenado y la velocidad de movimiento descendente haya disminuido. El suelo alcanza su capacidad de campo cuando está saturado de agua, pero no tanto como para que el agua drene libremente (Morales, 2024).

5.2.2. Punto de marchitez permanente

Corresponde al límite inferior del agua disponible. Esta condición de humedad restringe severamente la absorción de agua por parte de las plantas, que morirán si no se repone el agua del suelo (Morales, 2024).

5.2.3. Humedad disponible

Se refiere al contenido de agua en el suelo, que puede variar según factores como la cantidad de precipitación, la evapotranspiración y la infiltración. La humedad del suelo es un parámetro critico en la mayoría de los ecosistemas, ya que influye en la biodiversidad, la fertilidad del suelo y la calidad del agua subterránea (AgroEs, 2016).

5.2.4. Infiltración

Es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo. La tasa de infiltración, en la ciencia del suelo, es una medida de la tasa a la cual el suelo es capaz de absorber la precipitación o la irrigación (Perez, 2020).

5.2.5. Precipitación

Es una parte importante del ciclo hidrológico y es responsable por depositar agua fresca en el planeta. La precipitación es generada por las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua creciente (o pedazos de hielo) se forman, que caen a la Tierra por gravedad (Gámez, 2010).

5.2.6. Evapotranspiración

Evapotranspiración es el resultado del proceso por el cual, el agua cambia de estado líquido a gaseoso, y directamente, o a través de las plantas, vuelve a la atmósfera en forma de vapor, es decir, la evapotranspiración es la suma de evaporación y transpiración, y el término, sólo es aplicable correctamente a una determinada área de terreno cubierta por vegetación (Custodio, 1983).

5.2.7. Parámetros físicos

Los parámetros físicos del agua, son una serie de pruebas, exámenes y ensayos de sus características físicas, con las que nos ayudamos en parte a determinar la calidad del agua. En los parámetros tenemos: color, olor, turbidez, sólidos en suspensión, temperatura, densidad, solidos, conductividad y radiactividad (Boris, 2020).

5.2.8. Parámetros químicos del suelo

Según (Rojas, 2015), Los parámetros químicos del suelo son características que describen su composición y fertilidad, así como su capacidad para soportar el crecimiento de plantas. Algunos conceptos clave incluyen:

- **pH:** Mide la acidez o alcalinidad del suelo. Afecta la disponibilidad de nutrientes y la actividad biológica.
- **Conductividad eléctrica:** Indica la cantidad de sales disueltas en el suelo. Una alta conductividad puede señalar un alto contenido de sales, lo que puede ser perjudicial para las plantas.
- **Capacidad de intercambio catiónico (CIC):** Representa la habilidad del suelo para retener y liberar cationes (iones positivos), como calcio, magnesio y potasio, que son esenciales para las plantas.
- **Materia orgánica:** Esta compuesta por restos de plantas y animales en descomposición, es fundamental para la fertilidad del suelo, la retención de agua y la actividad biológica.

5.3. Diseño del sistema de riego

El diseño de un sistema de riego es complejo ya que por la gran cantidad de factores intervienen en el proceso, de esta manera su estudio comienza con el cálculo de las necesidades de riego en otras palabras es tratar de conocer el consumo de agua necesaria para los cultivos en la época de mayor necesidad (Mendoza, 2019).

Factores para tener en cuenta para diseñar sistemas de riego:

- **Origen del agua:** Superficial o subterránea.
- **Características del campo:** Superficie, tipo de suelo y pendiente.
- **Tipo de planta:** Estado vegetativo, perenne anual.

- **Sistema de riego:** El sistema de riego se encuentra totalmente ligado con las tres opciones anteriormente citadas, en lo que deberemos prestar especial atención en el sistema elegido ya sea goteo, aspersión o filtración.
- **Horario de riego:** Basado en humedad del suelo y en evapotranspiración (ET).

5.3.1. Diseño Agronómico

Es el proceso de planificación y aplicación de técnicas y prácticas agrícolas para optimizar la producción, la calidad y la eficiencia de los cultivos, teniendo en cuenta factores como el suelo, el clima, el agua, la selección de cultivos y la gestión de plagas y enfermedades (Camejo, Duarte, & Guerra, 2017).

- **Evaporación**

  Es un proceso que ocurre en la superficie del líquido, a cualquier temperatura, y de manera lenta y gradual. Aunque la evaporación de un líquido puede ocurrir a cualquier temperatura, si se aumenta la temperatura del líquido, más rápido ocurre la evaporación (Edete, 2020).

- **Transpiración**

  Es el proceso por el que las plantas pierden agua en forma de vapor con las estomas en sus hojas. Este mecanismo es fundamental para la regulación térmica, ya que ayuda a mantener la temperatura óptima para la fotosíntesis (Pilar, 2011).

- **Evapotranspiración**

  Es el resultado del proceso por el cual, el agua cambia de estado líquido a gaseoso, y directamente, o a través de las plantas, vuelve a la atmósfera en forma de vapor, es decir, es la suma de evaporación y transpiración, y el término, sólo es aplicable correctamente a una determinada área de terreno cubierta por vegetación (Custodio, 1983).

- **Frecuencia de riego**

  Esta permite establecer cada cuántos días se debe regar, procurando optimizar el uso del agua para maximizar la producción y calidad de los productos agrícolas, además, de las características de la planta y medio

ambientales, de las propiedades hidráulicas del suelo, método de riego y capacidad de retención de agua del suelo (Mena, 2023).

- **Intensidad de aplicación**

Se refiere en cómo se relaciona el agua con el suelo, hace referencia al momento del primer contacto. Cada tipo de suelo tiene una porosidad diferente y, por lo tanto, las capacidades de infiltración son también distinta (Molina, 2020).

- **Lámina de riego**

Es la cantidad de agua que se aplica uniformemente sobre un área de tierra destinada a la agricultura o la horticultura. Esta técnica se utiliza para mantener el suelo adecuadamente hidratado para el crecimiento óptimo de cultivos.

- **Lámina bruta:** La lámina bruta se refiere a la cantidad de agua aplicada sobre los cultivos. Se calcula dividiendo la cantidad de agua aplicada por la superficie del cultivo (Cruz, 2019).
- **Lámina neta:** La lámina neta, en riego, es la cantidad de agua que realmente se aprovecha para el cultivo, después de descontar las pérdidas por evaporación y transpiración (Ramirez, 2022).
- **Turnos de riego**

Es un sistema de distribución del agua en el que se asignan períodos específicos a cada parcela o cultivo para recibir agua. Esta técnica es especialmente útil en áreas con limitaciones hídricas, donde el agua disponible (Reyes, 2024).

- **Jornada de riego**

El periodo o tiempo en que se aplica riego a un cultivo o área determinada. Este concepto es fundamental en la agricultura y el manejo del agua, ya que asegura que las plantas reciban la cantidad adecuada de agua para su crecimiento y desarrollo (proain, 2020).

5.3.2. Diseño Geométrico

Busca obtener una mejor disposición de las tuberías y componentes del sistema sin afectar esta uniformidad que caracteriza al sistema. Para reducir los efectos

de la diferencia de presión a lo largo del lateral se recomienda que estos se dispongan siguiendo las curvas a nivel y las tuberías múltiples, en el sentido de la pendiente del terreno (INTAGRI, 2024).

5.3.3. Diseño Hidráulico

Determina las dimensiones de los diferentes componentes del sistema, garantizando que funcione adecuadamente con altos niveles de uniformidad. El dimensionamiento del sistema está determinado por las condiciones de operación previstas, en función de las características de la topografía, el suelo y el cultivo (INTAGRI, 2024).

5.4. Tipos de sistemas de riego por aspersión

Consiste en aplicar el agua al suelo simulando una lluvia. Este efecto se debe a la presión en que fluye el agua dentro de un sistema de tuberas y se expulsa al exterior a través de las boquillas de un aspersor. Normalmente, la presión requerida se obtiene a partir de bombas hidráulicas las cuales aspiran el agua desde un canal, río o pozo (Peralta & Simpfendörfer, 2001).

5.4.1. Por movilidad

- **Sistema fijo**

  Los aspersores se ubican en un marco establecido. En cuanto al sistema de tuberías, este puede estar enterrado o ubicarse en la superficie. Sin embargo, es importante que haya un brote con la altura suficiente para incorporar el aspersor (AGROPINOS, 2022).

- **Sistema móvil**

  En este tipo de sistema, los aspersores están montados sobre una plataforma móvil que se desplaza a lo largo del cultivo. Por lo tanto, la aspersión fija ofrece una alta eficiencia en la distribución del agua (Villaseñor, 2024).

- **Sistema semimóvil**

  Los sistemas de riego por aspersión semifijos son aquellos que se desplazan de una zona a otra de forma manual o mecanizada a través de un desmontaje rápido del sistema (AGROPINOS, 2022).

5.4.2. Por sistema

- **Riego por microaspersión**

Es una variante del riego por aspersión que utiliza emisores para distribuir el agua en forma de pequeñas gotas sobre áreas específicas. Este sistema es ideal para cultivos que requieren un suministro controlado, constante y uniforme (Villaseñor, 2024).

- **Riego por cañón**

Es un método de aspersión que utiliza grandes aspersores, o "cañones", para distribuir agua a lo largo de grandes extensiones de terreno, como pastizales, campos deportivos y cultivos extensivos. Simula una lluvia artificial y se caracteriza por la capacidad de los cañones de alcanzar distancias de riego muy amplias (IRRIGA, 2024).

- **Riego por pivote central**

Es un método de riego por aspersión mecanizado que utiliza un sistema de tubos largos con aspersores montados sobre torres con ruedas. Estos brazos giran alrededor de un punto central fijo para regar los cultivos en un patrón circular, distribuyendo el agua de manera uniforme sobre grandes extensiones de terreno (Sela, 2025).

5.4.3. Componentes del sistema de riego por aspersión

- **Fuente de agua:** Puede ser un pozo, río, lago, embalse o red de suministro de agua.
- **Bomba:** Se utiliza para extraer y presurizar el agua desde la fuente hacia el sistema de riego.
- **Tubería principal:** Conduce el agua desde la bomba hasta las áreas de riego. Puede ser de PVC, polietileno u otros materiales.
- **Tuberías secundarias o laterales:** Distribuyen el agua desde la tubería principal hasta los aspersores. Aspersores: Dispositivos que dispersan el agua en forma de lluvia sobre el área a regar. Pueden ser de tipo estacionario o móvil.
- **Válvulas:** Controlan el flujo de agua en diferentes secciones del sistema. Pueden ser manuales o automáticas.

- **Filtros:** Eliminan partículas y sedimentos del agua para evitar obstrucciones en los aspersores y tuberías
- **Controladores o programadores:** Automatizan el funcionamiento del sistema, permitiendo programar los tiempos y duración del riego.
- **Accesorios:** Incluyen conectores, codos, reducciones, y otros elementos que facilitan la instalación y mantenimiento del sistema (Rocha, 2025).

VI. METODOLOGÍA

6.1. Tipo de investigación

6.1.1. Enfoque de la investigación

El proyecto tiene un enfoque mixto, ya que se dimensionará, recolectará, y analizarán datos que relacionan variables cuantitativas y cualitativas en un mismo estudio, para el diseño del cultivo de pasto, se determinará la cantidad de agua necesaria según su etapa fenológica, considerando la demanda máxima hídrica que requiere el cultivo para su desarrollo.

6.1.2. Alcance de la investigación

La investigación es de carácter descriptiva ya que se basa en recolectar, registrar y gestionar datos de suelo, clima y el cultivo para pro

poner un diseño de riego por aspersión.

6.1.3. Tiempo de ocurrencia

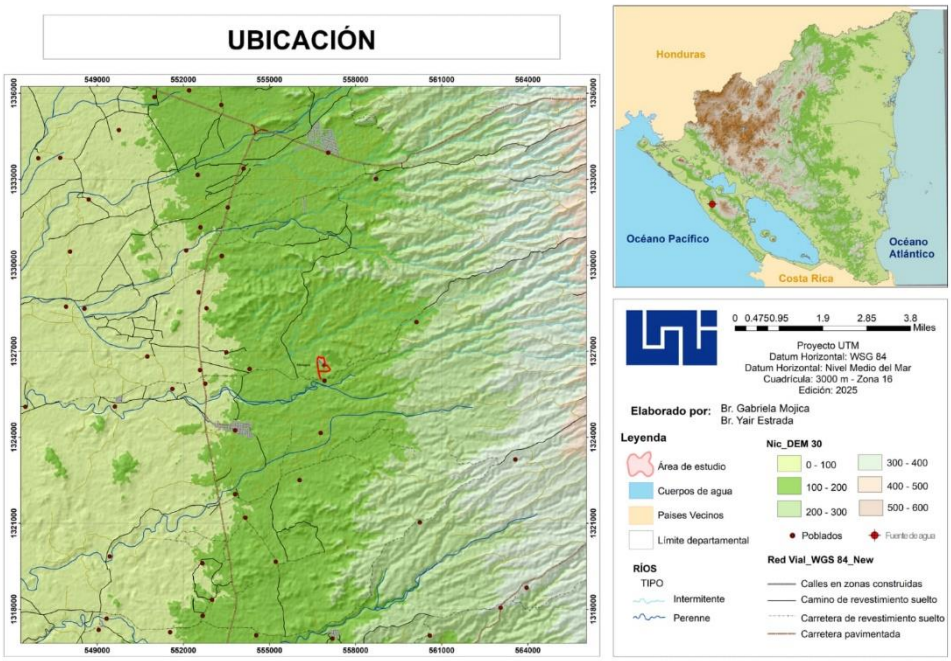
La investigación es prospectiva, debido a que los datos tomados a futuro serán ocupados para el diseño a realizar durante el proceso.

6.2. Descripción de la zona de estudio

6.2.1. Macro localización

El área de estudio se localiza en la finca El Brasil, situada en el kilómetro 40 carretera Villa El Carmen, departamento de Managua, con coordenadas UTM WGS 84, 556853.14 m al Este y 1326529.79 m al Norte, con una altitud cercana a los 147.05 m.s.n.m. (**Figura 1**)

Figura 1: Mapa de macro localización



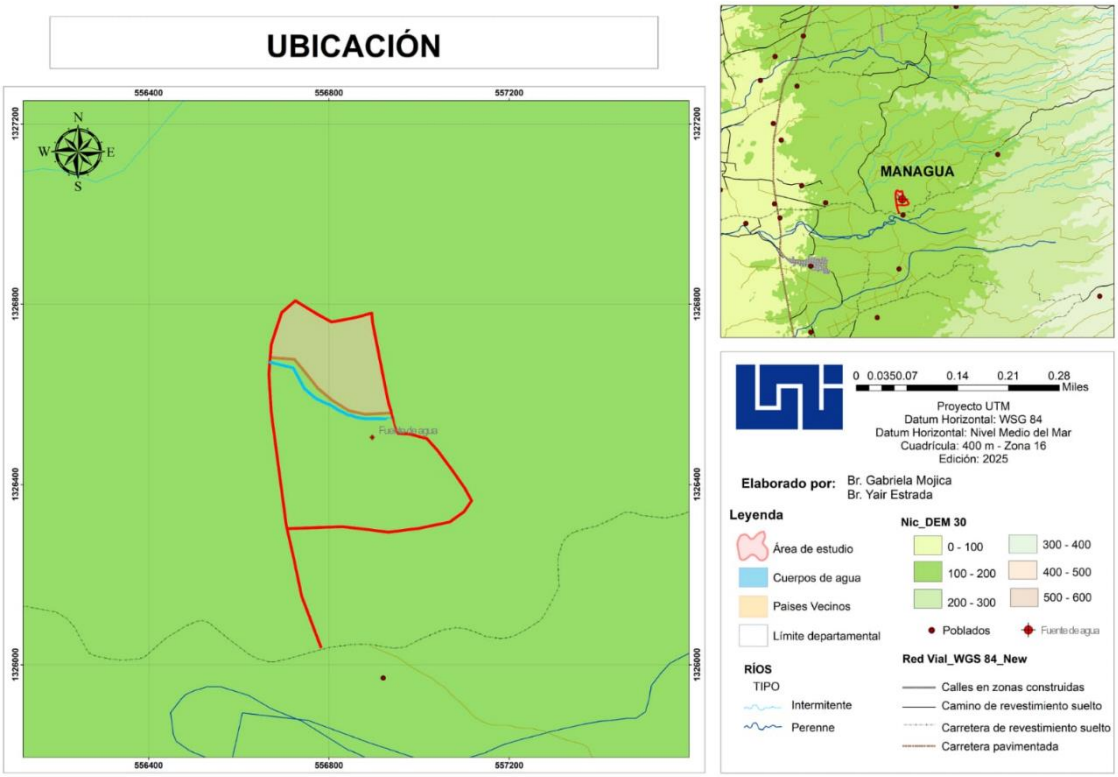
Nota: *Elaboración propia creada desde ArcGis, (2025).*

Se presenta la ubicación general del área de estudio dentro del territorio nacional, indicando su posición geográfica mediante un mapa de referencia de Nicaragua. El mapa incluye el modelo digital de elevación, la red hidrográfica, la red vial, los centros poblados, el área de estudio y el pozo de abastecimiento. Asimismo, se especifica el sistema de coordenadas **WGS 84, Zona 16**, la escala gráfica y la simbología cartográfica para facilitar la interpretación espacial.

6.2.2. Micro localización

La finca El Brasil se encuentra en la comunidad Villa El Carmen, dicha finca cuenta con una extensión total de 21.72 manzanas, de las cuales se aprovecharán 5.04 manzanas o 3.55 hectáreas. Además, presenta elevaciones que oscilan principalmente entre los 133 m a 147 m. (**Figura 2**)

Figura 2: Mapa de micro localización



Nota: *Elaboración propia creada desde ArcGis, (2025).*

Se presenta la ubicación específica del área de estudio, delimitando el perímetro del terreno y la localización de la fuente de abastecimiento. El plano incluye la red hidrográfica, el modelo digital de elevación, las coordenadas en el sistema **WGS 84, Zona 16**, la escala gráfica, la orientación norte y la simbología cartográfica, permitiendo identificar con precisión la localización del proyecto.

La finca cuenta con una noria que constituye la fuente de abastecimiento de agua para el sistema de riego por aspersión propuesto. La captación del recurso hídrico se realiza mediante una obra de captación construida dentro de la noria, desde donde el agua es impulsada hacia la red de distribución.

6.3. Propiedades edafoclimáticas del suelo

Se utilizará la metodología de la Guía de Práctica de Fundamentos del Suelo 2019, para diseñar las propiedades edafoclimáticas del suelo en la Universidad Nacional de Ingeniería. En las cuales se determinará la densidad aparente, densidad real, humedad del suelo, porosidad total, punto de marchitez permanente, pH del suelo, conductividad eléctrica, partes por millón y velocidad de infiltración por medio del método de Porchet.

El muestreo de suelo se efectuará en campo, donde se va a realizar un muestreo al azar compuesto, basándose en recolectar submuestras alteradas en toda el área de las parcelas en dirección zigzag. Se extraerán dos muestras inalteradas mediante el método del cilindro para poder conocer en laboratorio la densidad aparente del suelo.

6.4. Diseño agronómico riego por aspersión

Para realizar el diseño agronómico de riego por aspersión, se deberá identificar la superficie menos accidentada del terreno, la cual se realizará con dirección de siembra de Norte a Sur, en condiciones con pendientes favorables para obtener una buena distribución en el sistema. Además, se determinará la cantidad de agua necesaria para satisfacer los cultivos durante su mayor demanda.

- **Climatología**

Se utilizará el software de mapa web POWER Data Access Viewer (DAV) para determinar las variables de precipitación y temperatura media con 20 años donde se usará un periodo de (1985-2025), para obtener el resultado de las variables climatológicas.

- **CropWat**

Se utilizará el programa de CropWat para calcular los requerimientos hídricos y de riego para el cultivo, lo que ayudará para optimizar el uso del agua y rendimiento. En el programa se va a calcular la evapotranspiración y las necesidades hídricas.

6.4.1. Caudal requerido

Se calculará mediante la fórmula de:

Ecuación 1: Caudal requerido

$$Q = \frac{A \times Def \times 10\,{}^{m^3}/_{ha}}{JR}$$

Donde:

A: Área

Def: Déficit del cultivo

$10\,{}^{m^3}/_{ha}$: Representa 1mm de lluvia

JR: Jornada de riego

6.4.2. Intensidad de Riego

Se calculará mediante la fórmula de:

Ecuación 2: Intensidad de Riego

$$I_{AP} = \frac{Q}{MR}$$

Donde:

Q: Caudal

MR: Marco de riego

6.4.3. Frecuencia de riego

Se calculará mediante la fórmula de:

Ecuación 3: Frecuencia de riego

$$Fr = \frac{Lr}{Def}$$

Donde:

Lr: Lámina de riego

Def: Déficit

6.4.4. Lamina de Riego

Se calculará mediante la fórmula de:

Ecuación 4: Lamina de riego

$$LR = Fr \times Def$$

Donde:

Def: Déficit del cultivo

Fr: Frecuencia de riego

6.4.5. Tiempo de Riego

Se determinará mediante la fórmula de:

Ecuación 5: Tiempo de riego

$$TR = \frac{Lr}{I_{AP}}$$

Donde:

Lr: Lamina de riego

I_{AP}: Intensidad de aplicación

6.4.6. Caudal por hectárea

Se calculará mediante la fórmula de:

Ecuación 6: Caudal por hectárea

$$Q_{ha} = I_{AP} \times 10\, {}^{m^3}/_{ha}$$

Donde:

I_{AP}: Intensidad de aplicación

$10\, {}^{m^3}/_{ha}$: Representa 1mm de lluvia

6.4.7. Caudal total

Se calculará mediante la fórmula de:

Ecuación 7: Caudal total

$$Q_T = Q_{ha} \times A\ (ha)$$

Donde:

Q_{ha}: Caudal por hectárea

A: Área en hectárea

6.4.8. Número de turnos

Se calculará mediante la fórmula de:

Ecuación 8: Número de turnos

$$\#Turnos = \frac{Q_T}{Q_R}$$

Donde:

Q_T: Caudal total

Q_R: Caudal requerido

6.5. Red de distribución

El sistema de riego se distribuirá por una serie de conductos y tuberías que estarán de manera enterrada. Esta tendrá el propósito de abastecer el agua de manera efectiva y necesaria en todo el sistema ya sea en la conducción,

maninfold, laterales de riego hasta el emisor. De esta forma, se logrará satisfacer por completo los requerimientos hídricos del cultivo.

6.5.1. Área por turno

Se calculará mediante la fórmula de:

Ecuación 9: Área por turno

$$A_T = \frac{A\ (Ha)}{\#Turnos}$$

Donde:

A: Área en hectáreas

$\#Turnos$: Número de turnos

6.5.2. Caudal por turno

Se calculará mediante la fórmula de:

Ecuación 10: Caudal por turno

$$Q_T = A_T \times Q_{ha}$$

Donde:

A_T: Área por turno

Q_{ha}: Caudal por hectárea

6.5.3. Jornada de Riego

Se calculará mediante la fórmula de:

Ecuación 11: Jornada de riego

$$JR = \#Turnos \times TR$$

Donde:

$\#Turnos:$ Numero de turnos

TR: Tiempo de riego

6.5.4. Aspersores Regando

Se calculará mediante la fórmula de:

Ecuación 12: Aspersores regando

$$Asp_R = \frac{Q_T(gpm)}{Q_{Asp}}$$

Donde:

Q_T: Caudal total

Q_A: Caudal de aspersor

6.6. Diseño Geométrico

Para realizar el diseño geométrico se utilizarán los softwares de Google Earth, Global Mapper y AutoCad, para poder dimensionar las áreas a regar, conocer la pendiente presente en el área, y diseñar los planos. Esto implicará dividir el terreno en secciones, conocidos como turnos. Realizar este proceso es fundamental para hacer una buena distribución tanto de la tubería principal, maninfold y los laterales de riego, lo que permite determinar las longitudes de la tubería en cada turno.

6.7. Diseño Hidráulico

El diseño hidráulico deberá cumplir con ciertos parámetros para que el diseño sea eficiente, por lo que se determinarán los componentes, longitudes y diámetros ideales para la instalación del riego, de tal manera de regular las necesidades hídricas al cultivo en el tiempo que se establecerá en el diseño agronómico. Se aplicarán diferentes fórmulas para determinar las pérdidas por fricción, presiones y caudales de trabajo correspondientes y otras variables para poder satisfacer las exigencias establecidas.

6.7.1. Pérdidas por fricción Hazen- Williams

Para el cálculo de las pérdidas por fricción se usará la ecuación de Hazen Williams:

Ecuación 13: Pérdidas por fricción Hazen – Williams

$$hf = \left(\frac{10.679}{C^{1.852}}\right) \times \left(\frac{L(m)}{D^{4.87}(m)}\right) \times Q^{1.852}\left(m^3/seg\right)$$

Donde:

C: Factor de rugosidad

PVC: 150; Polietileno = 140; Acero nuevo = 130; Aluminio con acoples = 120

L: Longitud de Tubería

Q: Caudal de diseño

D: Diámetro interno de tubería

6.7.2. Pérdidas permisibles

Valor máximo permitido para respetar en cada uno de los sistemas de riego, que dependerán del caudal a transportar, la longitud y diámetro de la tubería. Este valor de pérdida de carga permisible dependerá de la presión nominal de trabajo en la que operan los emisores de riego, 20% para el riego por aspersión.

6.7.3. Velocidades permisibles

Se recomienda mantener la velocidad por encima de 0.5 m/s para prevenir la sedimentación de partículas, y por debajo de 2 m/s en tuberías de metal o 3.5 m/s en tuberías de materiales termoplásticos y multicapa.

Ecuación 14: Velocidad

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

Donde:

V: Velocidad del fluido (m/s)

Q: Caudal transportado (m3/s)

A: Área de la sección de tubería (m2)

6.7.4. Diámetro

Ecuación 15: Diámetro de tubería

$$\emptyset = \sqrt{\frac{Q \times 4}{\pi \times V}}$$

Donde:

Q: Caudal

V: Velocidad (valores usuales de 2-2.5m/s)

6.7.5. Carga total dinámica (CTD)

Para el cálculo de la carga total dinámica se usará la ecuación

Ecuación 16: Carga total dinámica

$$CTD = ND + Hf + Pd + \Delta Z$$

Donde:

ND: Nivel dinámico (pie)

Hf: Pérdidas por fricción totales (Pie)

Pd: Presión en la descarga (pie)

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

6.7.6. Potencia del equipo de bombeo

Para garantizar el óptimo funcionamiento del equipo de bombeo. Se considerará toda pérdida de carga por fricción en la tubería de conducción, el desnivel entre el punto inicial y final del sistema, el nivel dinámico de bombeo, y la presión requerida en la descarga.

Se determinará mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 17: Potencia

$$P = \frac{Q \times CTD}{3960 \times Efi}$$

Donde:

P: Potencia de la bomba (HP)

Q: Caudal disponible (gpm)

CTD: Carga total dinámica (pie)

Efi: Eficiencia

6.8. Costo de inversión para el diseño

Para determinar el costo de inversión del diseño de riego por aspersión, se elaborará una hoja Excel que detallará una lista de materiales y lista de excavación para el diseño de sistema de riego la cual incluirá tuberías, accesorios, válvulas, aspersor, equipo de bombeo y elementos indispensables para el buen funcionamiento del sistema. Dentro de cada elemento seleccionado, se ubicarán su precio unitario y las cantidades necesarias, con el objetivo de obtener un costo total.

VII. ANÁLISIS DE RESULTADO

7.1. Propiedades edafoclimáticas

Para el desarrollo del diseño agronómico se toman en cuenta los siguientes datos obtenidos en el laboratorio de edafología.

7.1.1. Propiedades químicas

Se obtuvieron los resultados de pH, conductividad eléctrica y partes por millón mediante el pH metro y el medidor de conductividad.

Tabla 3: Datos de pH, conductividad eléctrica y partes por millón de sales minerales en el medio

Resultados	
pH	6.7
CE	527µS
PPM	351

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

En la **Tabla 3**, se pueden apreciar los resultados obtenidos de pH de **6.7**, lo que indica que el suelo presenta una condición neutral. Este es considerado adecuado para el desarrollo de pastos, ya que la mayoría de las especies de forrajeras crecen mejor en suelos con pH entre 5.0 a 8.0, permitiendo una buena disponibilidad de nutrientes.

La conductividad eléctrica registrada fue de **527 µS**, lo que indica una baja concentración de sales solubles en el suelo. Esto sugiere que no existen problemas de salinidad, condición favorable para el crecimiento del pasto, ya que niveles altos de sales pueden afectar la absorción de agua por las raíces.

En el análisis de partes por millón, el valor obtenido fue de **351 ppm**, lo que indica una concentración moderada de sales disueltas. Este nivel es considerado aceptable para el cultivo de pasto, ya que no representa riesgo de estrés salino ni afecta significativamente el desarrollo de las plantas.

7.1.2. Textura del suelo

Se utilizó la metodología del método del tacto y del método del boyuco para determinar la textura del suelo.

- **Método del tacto**

Mediante el método del tacto se evaluaron las características físicas del suelo. Durante el análisis se identificaron partículas de tamaño muy fino y una consistencia plástica al manipularlo con las manos. Estas propiedades son indicativas de una proporción significativa de arcilla combinada con otras fracciones del suelo, por lo que se determinó que el tipo de suelo corresponde a una textura **franco-arcillosa**.

- **Método del hidrómetro de Bouyoucos**

Por medio del método del hidrómetro de Bouyoucos se determinó la textura del suelo en porcentajes de arena, limo y arcilla presentes en el suelo.

Tabla 4: Datos de método de Bouyoucos

Datos		
Ps	50 g	**5 hrs**
Lb	0	
T°b	28.3°C	27.9°C
L_{40S}	33	14

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

$$Fc = 8.3 \times 0.30 = 2.49$$

$$Lc = 2.49 + 33 = 35.49$$

$$\%limo + arcilla = \frac{35.99 - 0}{50\ g} \times 100 = 70.98\%$$

$$\%arena = 100 - 70.98\% = 29.02\% \approx \mathbf{29}$$

$$Fc = 7.9 \times 0.3 = 2.37$$

$$Lc = 2.37 + 14 = 16.37$$

$$\%arcilla = \frac{16.37 - 0}{50\ g} \times 100 = 32.74 \approx \mathbf{33}$$

$$\%limo = 70.98 - 32.74 = 38.24 \approx \mathbf{38}$$

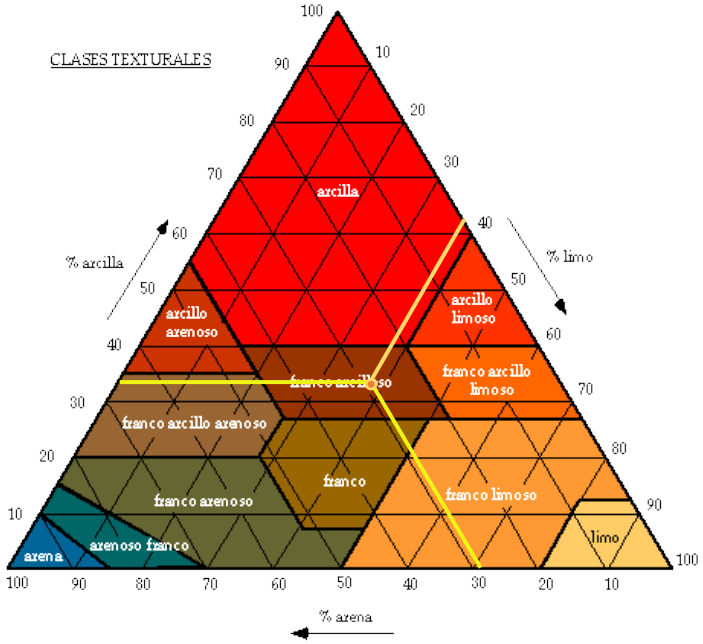
Tabla 5: Promedios de textura del suelo

Promedios		Tipo
Arena	29	
Limo	38	**Franco**
Arcillo	33	**Arcilloso**
∑	**100**	

Nota: *Elaboración propia creado desde Excel, (2026).*

Se grafica con los resultados obtenidos de los promedios de textura del suelo.

Figura 3: Triángulo textura



Nota: Edafología.net, (2025).

Mediante el método del hidrómetro de Bouyoucos se determinaron las fracciones texturales del suelo, obteniéndose los porcentajes de **29% de arena**, **38% de limo** y **33% de arcilla**. De acuerdo con la **Figura 3**, estos porcentajes clasifican el suelo como franco arcilloso, caracterizado por presentar mezcla equilibrada de partículas finas y medias. Este tipo de suelo tiene una buena capacidad de retención de agua y nutrientes que permiten un drenaje moderado.

7.1.3. Densidad aparente

La densidad aparente se determinó mediante el método del cilindro metálico para evaluar la porosidad y el grado de compactación del suelo.

Tabla 6: Datos de densidad aparente

Datos	
Muestra 1	
PB	145.50 g
PSH	239.72 g
PSS	203.38 g
Volumen del Cilindro	
d	3.2 cm
h	10 cm

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

Para determinar el volumen del cilindro se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 18: Fórmula de volumen del cilindro.

$$Vc = \frac{\pi d^2}{4} \times h$$

Se sustituyen los valores para el cilindro.

$$Vc_1 = \frac{\pi(3.2)^2}{4} \times 10\ cm$$

$$Vc_1 = \mathbf{80.42\ cm^3}$$

El volumen del cilindro que se utilizó para la muestra dio un resultado de $\mathbf{80.42\ cm^3}$**.**

Para determinar la densidad aparente se utiliza la siguiente fórmula:

Ecuación 19: Fórmula de densidad aparente

$$Da = \frac{Mss}{Vc}$$

Se sustituyen los valores para la Muestra 1 de densidad aparente.

$$Da_1 = \frac{57.88\ g}{80.42 cm^3}$$

$$Da = \mathbf{0.719\ {}^{gr}/_{cm^3}}$$

La densidad aparente de ambas muestras obtenidas fue de $\mathbf{0.719}\,{}^{gr}/_{cm^3}$ lo que según la **Tabla 7**, corresponde a una densidad muy baja. Este resultado indica que el suelo presenta baja compactación, lo cual favorece el desarrollo de las raíces, la infiltración del agua y la circulación de aire en el suelo.

Tabla 7: Evaluación de la Densidad Aparente

Densidad Aparente (Da)	gr/cm^3
Muy Baja	<1.0 gr/cm^3
Baja	1.0 - 1.2 gr/cm^3
Media	1.2 - 1.45 gr/cm^3
Alta	1.45 - 1.60 gr/cm^3
Muy Alta	>1.60 gr/cm^3

Nota: *Guía de práctica de fundamentos de suelos, (2019).*

La porosidad total se determina mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 20: Fórmula de porosidad total

$$Pt = \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right) \times 100$$

Se sustituyen los valores.

$$Pt = \left(1 - \frac{0.719\,{}^{gr}/_{cm^3}}{2.21\,{}^{gr}/_{cm^3}}\right) \times 100|$$

$$Pt = \mathbf{67.46}\%$$

La muestra dio como resultado $\mathbf{67.46}\%$, lo cual según la **Tabla 8**, se clasifica como una porosidad total **muy alta**. Esto indica que el suelo posee una gran cantidad de espacios porosos, permitiendo una buena retención de agua y adecuada aireación para el crecimiento de raíces.

Tabla 8: Evaluación de la Porosidad Total

Porosidad Total (Pt)	Porcentaje (%)	
Muy Alta	>65%	**Muestra 1**
Alta	65 - 55%	
Media	55 – 45%	
Baja	45 – 40%	
Muy Baja	<40%	

Nota: *Guía de práctica de fundamentos de suelos, (2019).*

7.1.4. Densidad real

La densidad real se evaluó a través del método del picnómetro para determinar su porosidad, que es el porcentaje de huecos o espacios de aire dentro del suelo.

Tabla 9: Datos de densidad real

Datos	
Pp	40.92 g
Pp+suelo	48.61 g
Ps	7.69 g
T1m	30.1°C
T3m	27.8°C
Pp+suelo+agua	144.98 g
Pp+agua	140.75 g
D1	0.996
D3	0.996

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

Se presentan las temperaturas del agua destilada utilizadas para el cálculo de la densidad real. (**Anexo 7, pág. iv)**

Ecuación 21: Fórmula de densidad real

$$Dr = \frac{D1 \times D3 \times Ps}{D3(P1 - Pp) - D1(P3 - Ps - Pp)}$$

Se sustituyen los valores por los datos presentados en el **Anexo 6.**

$$Dr = \frac{(0.996)(0.996)(7.69g)}{0.996(140.75g - 40.92g) - 0.996(144.98g - 7.69g - 40.92g)}$$

$$Dr = \mathbf{2.21}\ {}^{\boldsymbol{gr}}/_{\boldsymbol{cm^3}}$$

El valor de densidad real obtenido $\mathbf{2.21}\ {}^{\boldsymbol{gr}}/_{\boldsymbol{cm^3}}$, según la **Tabla 11**, se clasifica como una densidad real baja. Comparando este resultado con los valores de referencia de la **Tabla 10**, se relaciona que el suelo presenta características asociadas a materiales con alto contenido de materia orgánica.

Tabla 10: Evaluación de la densidad

2.35 gr/cm^3	Suelo con mucha materia orgánica.
2.68 gr/cm^3	Suelo representativo de minerales como silicatos y cuarzo, presenta niveles normales de MO.
2.85 gr/cm^3	Suelo con minerales donde se ha acumulado cierta cantidad de hierro y aluminio.
2.96 gr/cm^3	Suelo con un grado de desarrollo avanzado donde hay predominio de hierro y aluminio, y muy poca materia orgánica.

Nota: *Guía de práctica de fundamentos de suelos, (2019).*

Tabla 11: Evaluación de la Densidad Real

Densidad real gr/cm³	Evaluación
<2.40	Bajo
2.40 – 2.60	Medio
2.60 – 2.80	Alto
>2.80	Muy Alto

Nota: *Guía de práctica de fundamentos de suelos, (2019).*

7.1.5. Capacidad de campo

Para determinar la capacidad de campo se realizó el método del embudo, es importante para conocer la retención de agua presente en el suelo, así como para el cálculo del agua disponible y la porosidad de aireación del suelo.

Tabla 12: Datos de capacidad de campo

	Datos
PT	15.64 g
PSH1T	65.90 g
PSS1T	48.21 g

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026)..*

Para determinar la capacidad de campo se utiliza la siguiente fórmula:

Ecuación 22: Fórmula de capacidad de campo

$$\%CC = \frac{PSH1T - PSS1T}{PSS1T - PT} \times 100$$

Se sustituyen los valores.

$$\%CC = \frac{(65.90g - 48.21g)}{(48.21g - 15.64g)} \times 100$$

$$\%CC = \mathbf{54.31}\%$$

La capacidad de campo obtenida fue de $\mathbf{54.31}\%$. De acuerdo con la **Tabla 13**, este valor se clasifica como alto, lo que indica que el suelo tiene una buena capacidad para retener agua después del drenaje natural, lo cual es favorable para el desarrollo de las plantas, ya que permite que el suelo retenga suficiente humedad disponible para las raíces.

Tabla 13: Evaluación de la Capacidad de Campo

Capacidad de Campo % de volumen	Evaluación
< 20	Baja
20 – 40	Media
40 – 55	Alta
> 55	Muy Alta

Nota: *Guía de práctica de fundamentos de suelos, (2019).*

La porosidad de aireación se determina con la siguiente ecuación:

Ecuación 23: Fórmula de porosidad de aireación

$$Pa = \%Pt - \%CC$$

Se sustituyen por los valores correspondientes a la muestra.

$$Pa = 67.46\% - 54.31\%$$

$$Pa = \mathbf{13.15}\%$$

La porosidad de aireación de ambos resultados fue de $\mathbf{13.15}\%$. Según la **Tabla 14** para Horizonte A, este valor se clasifica como bajo (<15%). Una cantidad de porosidad baja indica que el suelo presenta una cantidad reducida de poros ocupados por aire después del drenaje del agua. Esto significa que la mayor parte de los poros del suelo se encuentran llenos de agua o partículas sólidas, lo que limita la circulación de oxígeno en el suelo.

Tabla 14: Evaluación de la porosidad de aireación

Horizonte A	Horizonte B	Evaluación
< 15 %	< 10 %	Baja
15 – 20 %	10 – 15 %	Media
> 20 %	> 15 %	Alta

Nota: *Guía de práctica de fundamentos de suelos, (2019).*

7.1.6. Punto de Marchitez Permanente

El punto de marchitez permanente es el contenido de agua que ha perdido el suelo a causa del cultivo, por lo tanto, el agua que permanece en el suelo no está disponible para el mismo.

Ecuación 24: Fórmula de punto de marchitez permanente

$$\%PMP = \frac{\%CC}{1.85}$$

Se sustituyen los valores.

$$\%PMP = \frac{54.31\%}{1.85}$$

$$\%PMP = \mathbf{29.35}\%$$

El punto de marchitez permanente obtenido fue de $\mathbf{29.35}\%$, este valor representa el contenido de agua en el suelo a partir del cual las plantas ya no pueden absorber agua suficiente, provocando estrés hídrico.

7.1.7. Agua disponible

El agua disponible es la cantidad de agua retenida entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

Ecuación 25: Fórmula de agua disponible

$$AD = \%CC - \%PMP$$

Se sustituyen los valores.

$$AD = 54.31\% - 29.35\%$$

$$AD = \mathbf{24.96}\%$$

El agua disponible retenida fue de $\mathbf{24.96}\%$, lo que representa la cantidad de agua que el suelo puede almacenar y que está disponible para ser utilizada por las plantas entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. Dicho valor indica que el suelo posee una buena capacidad para suministrar agua al cultivo.

7.1.8. Velocidad de infiltración

Se utilizó la metodología del método de Porchet para determinar la velocidad de infiltración presente en el área de estudio.

- **Levantamiento de datos en prueba experimental**

Se realizó la prueba para determinar la velocidad de infiltración del suelo en la Finca El Brasil. Con una profundidad de agujero de 30 cm y un diámetro de 30 cm, se presentan las lecturas del descenso del nivel de agua registradas a partir de un nivel de agua de 25 cm tomando datos en intervalos de tiempo variados durante el ensayo.

Tabla 15: Datos en prueba de infiltración

Levantamiento de datos en método de Porchet				
Hora	**Intervalo**	**Tiempo acumulado**	**Lectura**	**Diferencia de lectura**
Inicio	Minutos	Minutos	cm	cm
11:00:00	0	0	25	-
11:05:00	5	5	24.6	0.4
11:10:00	10	10	24.2	0.4
11:20:00	20	20	23.5	0.7
11:30:00	30	30	22.9	0.6
11:40:00	40	40	22.4	0.5
11:50:00	50	50	22	0.4
12:00:00	60	60	21.7	0.3
12:30:00	90	90	20.8	0.9
01:00:00	120	120	20.1	0.7
01:30:00	150	150	19.5	0.6
02:00:00	180	180	19	0.5

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

Los resultados obtenidos en la **Tabla 15** muestran una disminución progresiva del nivel de agua a lo largo del tiempo, reflejando el comportamiento de infiltración del suelo. Los datos se tomaron a partir de las 11:00 am con un

intervalo de tiempo primero de 5 minutos, 10 minutos y 30 minutos, completando un tiempo final de 3 horas. Estos datos sirvieron como base para calcular la velocidad de infiltración empleada en la Guía de Práctica de Fundamentos del Suelo 2019.

- **Velocidad de infiltración obtenida en prueba experimental**

A partir de las lecturas obtenidas en la prueba de infiltración mediante el método de Porchet, se aplicaron las ecuaciones correspondientes para calcular la velocidad de infiltración del suelo.

Tabla 16: Velocidad de infiltración obtenida en prueba experimental

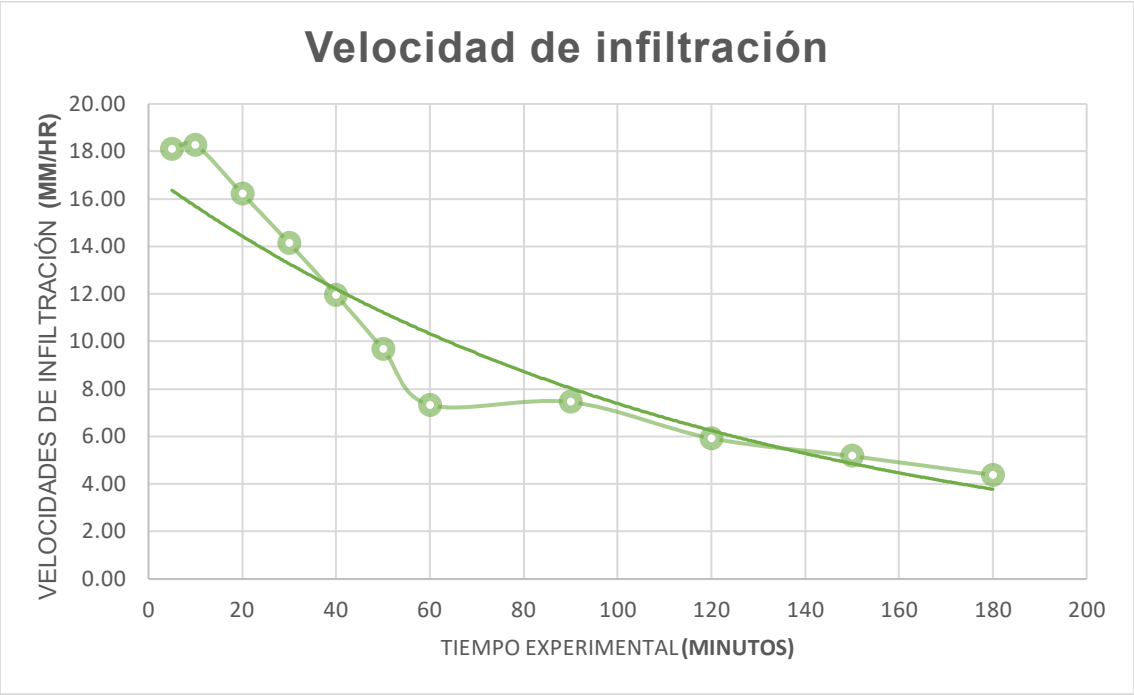
Velocidad de infiltración en método de Porchet					
R/(2t2-t1)	**(2h1+R) / (2h2+R)**	**Ln**	**cm/min**	**cm/h**	**mm/h**
-	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
3	**1.01010101**	0.010050336	0.03	1.81	18.09
3	**1.010204082**	0.010152371	0.03	1.83	18.27
1.5	**1.018181818**	0.018018506	0.03	1.62	16.22
1.5	**1.015831135**	0.015707129	0.02	1.41	14.14
1.5	**1.013368984**	0.013280408	0.02	1.20	11.95
1.5	**1.010810811**	0.010752792	0.02	0.97	9.68
1.5	**1.008174387**	0.008141158	0.01	0.73	7.33
0.5	**1.025139665**	0.024828862	0.01	0.74	7.45
0.5	**1.01994302**	0.019746763	0.01	0.59	5.92
0.5	**1.017391304**	0.017241806	0.01	0.52	5.17
0.5	**1.014705882**	0.014598799	0.01	0.44	4.38

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

La **Tabla 16** muestra que la velocidad de infiltración disminuye gradualmente a medida que transcurre el tiempo, hasta alcanzar un comportamiento más estable del suelo. Esto ocurre porque, al inicio del ensayo, el suelo presenta una mayor capacidad para absorber agua, la cual se reduce conforme sus poros se van saturando.

La velocidad promedio de infiltración obtenida fue de **10.78 mm/h**, valor que constituye un parámetro importante para el diseño del sistema de riego, ya que permite verificar que la intensidad de aplicación del agua sea adecuada y evitar pérdidas por escorrentía.

Figura 4: Velocidad de infiltración



Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

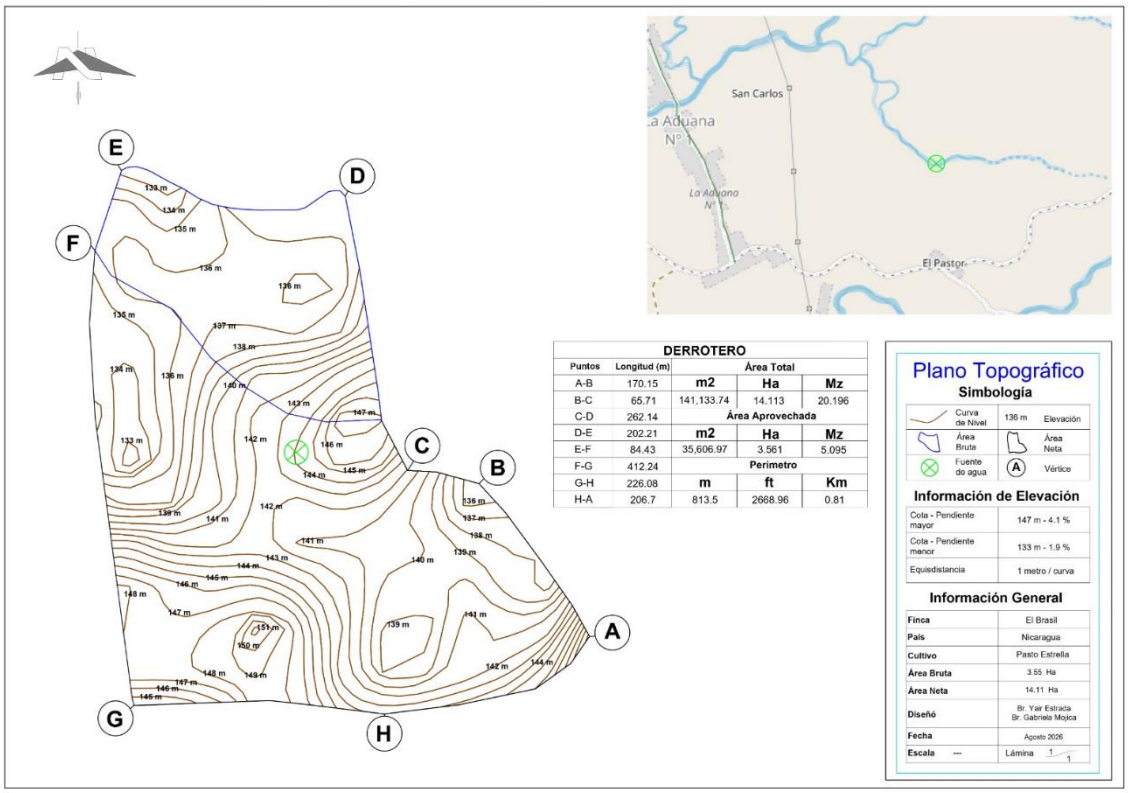
La **Figura 4** muestra el comportamiento de la velocidad de infiltración del suelo en función del tiempo durante el ensayo realizado en la Finca El Brasil. Se observa que la velocidad de infiltración es mayor en los primeros minutos y disminuye progresivamente conforme avanza el tiempo, hasta presentar una estabilidad.

Este comportamiento es característico del proceso de infiltración, ya que el suelo inicialmente absorbe agua con mayor rapidez y, a medida que sus poros se humedecen, la capacidad de absorción disminuye. La línea de tendencia confirma esta disminución gradual y permite visualizar el comportamiento general de la infiltración, información que resulta fundamental para el diseño del sistema de riego y la determinación de una intensidad de aplicación adecuada.

7.2. Plano topográfico

En la siguiente figura se muestra la delimitación del área.

Figura 5: Plano topográfico



Nota: *Elaboración propia creada desde AutoCAD, (2026).*

En la **Figura 5,** se muestra el plano topográfico representando el área neta con 14.11 hectáreas (Ha) y un área bruta (aprovechada) con una extensión de 3.55 Ha, destinada para el cultivo de pasto estrella.

La superficie del terreno se encuentra representada mediante curvas de nivel con equidistancia de 1 m, permitiendo visualizar la variación de altimetría en el área. Las elevaciones en el área bruta oscilan aproximadamente entre 133 m y 147 m, representando una pendiente moderada de 1.9% y 4.1%.

Asimismo, el plano identifica la ubicación de la noria, la cual constituye la fuente de abastecimiento hídrico del sistema de riego. Cuenta con un bordillo de 1.5m de diámetro construido con piedra cantera para poder facilitar el montaje y desmontaje de la succión del equipo de bombeo que ha utilizado el productor permitiendo una mejor operación del sistema.

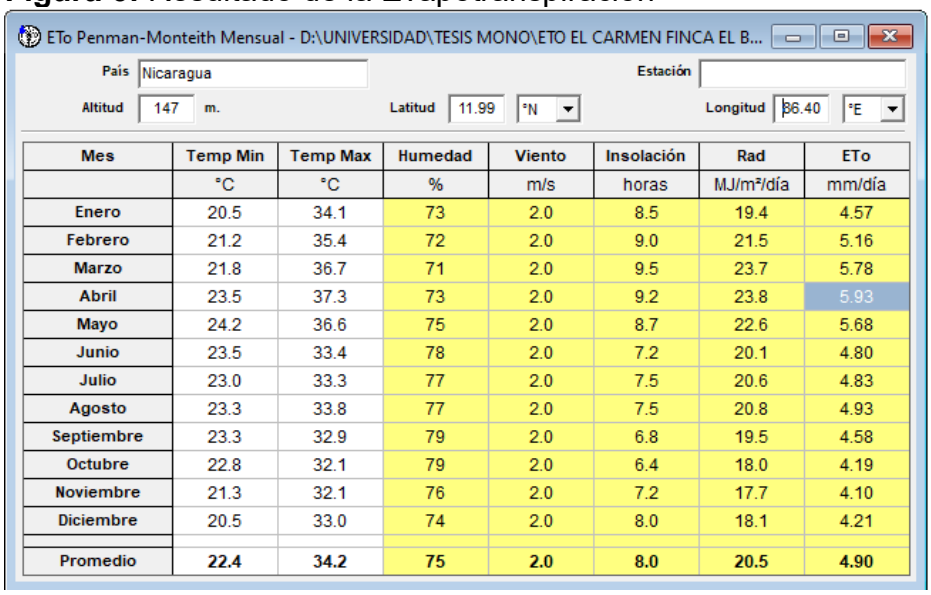
7.3. Riego por aspersión fija

Para el sistema de riego debemos asegurarnos de satisfacer las necesidades hídricas del cultivo en las condiciones más críticas, por lo que, se calcularon los parámetros necesarios para que el diseño de sistema de riego funcione de manera eficiente para suministrar el recurso hídrico hacia los cultivos en los periodos de máxima demanda.

7.3.1. CropWat

Se tomaron datos climáticos por medio del software Power Data Access Viewer (DAV) correspondiente a los periodos de 1985 a 2025; posteriormente, se usó el programa de la FAO CropWat. (**Figura 6**)

Figura 6: Resultado de la Evapotranspiración



Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	20.5	34.1	73	2.0	8.5	19.4	4.57
Febrero	21.2	35.4	72	2.0	9.0	21.5	5.16
Marzo	21.8	36.7	71	2.0	9.5	23.7	5.78
Abril	23.5	37.3	73	2.0	9.2	23.8	5.93
Mayo	24.2	36.6	75	2.0	8.7	22.6	5.68
Junio	23.5	33.4	78	2.0	7.2	20.1	4.80
Julio	23.0	33.3	77	2.0	7.5	20.6	4.83
Agosto	23.3	33.8	77	2.0	7.5	20.8	4.93
Septiembre	23.3	32.9	79	2.0	6.8	19.5	4.58
Octubre	22.8	32.1	79	2.0	6.4	18.0	4.19
Noviembre	21.3	32.1	76	2.0	7.2	17.7	4.10
Diciembre	20.5	33.0	74	2.0	8.0	18.1	4.21
Promedio	**22.4**	**34.2**	**75**	**2.0**	**8.0**	**20.5**	**4.90**

Nota: *Creación propia creada desde CropWat, (2026)*

En la **Figura 6** se observa que en el mes de abril se registró el valor más alto de evapotranspiración de referencia (ETo), alcanzando **5.93 mm/día**, lo cual indica una elevada demanda hídrica. Este incremento está asociado a condiciones climáticas predominantes como la alta radiación solar, altas temperaturas, baja humedad relativa y posible influencia del viento, estos factores incrementan la pérdida de agua en la superficie del suelo.

- **Selección del coeficiente del cultivo**

El coeficiente del cultivo (Kc) fue obtenido a partir de la información publicada por la FAO (**Anexo 8, pág. iv**), donde se presentan valores para pastos destinados al pastoreo en sus diferentes etapas fenológicas. Debido a que la FAO no establece un coeficiente específico para el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), se adoptaron los valores correspondientes a esta categoría, considerando que dicho cultivo es utilizado para pastoreo y presenta características agronómicas similares.

Tabla 17: Coeficientes del cultivo de pasto para pastoreo en sus diferentes etapas fenológicas

Etapa fenológica	Coeficiente del cultivo (Kc)
Inicio	0,40
Medio	0,85-1,05
Final	0,85

Nota: *(FAO, 2023).*

Para el diseño del sistema de riego se seleccionó un **Kc de 1.05**, correspondiente a la etapa media del cultivo, por representar la fase de mayor demanda hídrica.

- **Cálculo de déficit**

Para el análisis se seleccionó el valor mayor Kc de **1.05**, ya que corresponde a la etapa media del cultivo con mayor demanda hídrica, en la cual se evaluó en la condición más crítica.

Tabla 18: Evo transpiración real, déficit neto y déficit bruto

Evo transpiración real (ETo)			
Riego	**Eficiencia**	**Déficit neto mm/día**	**Déficit bruto mm/día**
Aspersión	75%	6.2	8.3

Nota: Elaboración propia creada desde Excel, (2026)

En la **Tabla 18** se presentan los valores de evapotranspiración real del cultivo (ETo) ajustados al sistema de riego por aspersión con una eficiencia del **75%**. El déficit neto de **6.2 mm/día** corresponde a la demanda hídrica real del cultivo, mientras que el déficit bruto de **8.3 mm/día** representa la lámina de riego que debe aplicarse para satisfacer la demanda hídrica del suelo

7.3.2. Diseño agronómico

A continuación, se desarrollan los cálculos para el diseño agronómico, considerando los requerimientos hídricos del cultivo.

- **Caudal requerido**

El productor ha utilizado la noria en verano para regar pequeñas parcelas de pasto por gravedad utilizando una motobomba 3x3 de caudal a gasolina de 6.5hp que brinda una capacidad de 800 lpm o $\mathbf{48}\,\boldsymbol{m^3/hr}$ (**Anexo 11**) la cual no afecta el nivel de la noria, por lo que se utilizó este mismo caudal de explotación para el diseño del sistema de riego propuesto. (**Anexo 11, pág. v**)

El caudal requerido se determinó mediante la **Ecuación 1.**

$$Q = \frac{3.55\ Ha \times 8.302 \times 10\ {}^{m^3}/_{ha}}{7}$$

$$Q = \mathbf{42.21}\ \boldsymbol{m^3/hr}$$

Se determinó que el caudal requerido es de $\mathbf{42.21}\ \boldsymbol{m^3/hr}$. correspondiente al volumen de agua necesario para cubrir los requerimientos del cultivo y justificado ya que está por debajo del caudal utilizado históricamente en la finca.

- **Intensidad de aplicación**

La intensidad de aplicación se determinó mediante la **Ecuación 2**.

$$I_{AP} = \frac{1210\ lph}{18\ m \times 18\ m}$$

$$I_{AP} = \mathbf{3.73}\ \boldsymbol{mm/hr}$$

Se determinó que la intensidad de aplicación es de $\mathbf{3.73}\ \boldsymbol{mm/hr}$, representando la tasa de agua suministrada al suelo durante el riego.

- **Frecuencia de riego**

La frecuencia de riego se determinó mediante la **Ecuación 3**.

$$Fr = \frac{32.35\ mm}{8.302\ {}^{mm}/_{día}}$$

$$Fr = 3.90 \approx \mathbf{4}\ \boldsymbol{días}$$

Se determinó una frecuencia de riego de $\mathbf{4}\ \boldsymbol{días}$ a partir de la lámina ajustada calculada con los parámetros de capacidad de campo (CC), punto de marchitez

permanente (PMP) y densidad aparente (Da); sin embargo, al relacionarla con la intensidad de aplicación del aspersor, el tiempo de riego resultó excesivo incluso utilizando el mayor caudal disponible. Por esta razón, se adoptó una frecuencia diaria basada en el requerimiento hídrico del cultivo, reduciendo el tiempo de aplicación a $\mathbf{2.22\ hr}$.

- **Lámina de riego**

La lámina de riego se determinó mediante la **Ecuación 4**.

$$La = (1\ dia) * (8.302\ mm/dia)$$

$$La = \mathbf{8.302\ mm}$$

Se determinó que la lámina de riego es de $\mathbf{8.302\ mm}$, representando la cantidad de agua que debe aplicarse al suelo en cada riego.

- **Tiempo de riego**

El tiempo de riego se determinó mediante la **Ecuación 5**.

$$TR = \frac{8.302\ mm}{3.73\ {}^{mm}/_{hr}}$$

$$TR = \mathbf{2.22\ hr}$$

Se determinó que el tiempo de riego es $\mathbf{2.22\ hr}$, el cual corresponde a la duración necesaria de cada aplicación de agua.

- **Caudal por hectárea**

El caudal por hectárea se determinó mediante la **Ecuación 6.**

$$Q_{ha} = 3.73\ {}^{mm}/_{hr} \times 10\ {}^{m^3}/_{ha}$$

$$Q_{ha} = \mathbf{37.35\ {}^{m^3}/_{hr}}$$

Se determinó que el caudal por hectárea es de $\mathbf{37.35\ {}^{m^3}/_{hr}}$, representa la cantidad de agua requerida por cada hectárea.

- **Caudal total**

El caudal total se determinó mediante la **Ecuación 7**.

$$Q_T = 37.35\ {}^{m^3}/_{hr} \times 3.55\ ha$$

$$Q_T = \mathbf{132.92\ {}^{m^3}/_{hr}}$$

Se determinó que el caudal total es de $\mathbf{132.92}\ \boldsymbol{m^3/hr}$, representa el volumen de agua requerido para abastecer toda el área de riego.

- **Número de turnos**

El número de turnos se determinó mediante la **Ecuación 8**.

$$\#Turnos = \frac{132.92\ m^3/hr}{42.21\ m^3/hr}$$

$$\#Turnos = 3.15 \approx \mathbf{4\ turnos}$$

Se determine que el número de turnos es de $\mathbf{4\ turnos}$, indica la división del área para el riego.

- **Área por turno**

Se determina el área por turno mediante la **Ecuación 9**.

$$A_T = \frac{3.55\ ha}{4\ turnos}$$

$$A_T = \mathbf{0.89\ Ha}$$

Se determina que el área por turno es de $\mathbf{0.89\ Ha}$, corresponde a la superficie que será regada por turno.

- **Caudal por turno**

El caudal por turno se determinó mediante la **Ecuación 10**.

$$Q_T = 0.89\ Ha \times 37.35\ m^3/hr$$

$$Q_T = \mathbf{33.23\ m^3/hr}$$

Se determinó que el caudal por turno es de $\mathbf{33.23}\ \boldsymbol{m^3/hr}$, corresponde al volumen de agua requerido para abastecer cada turno de riego.

- **Jornada de riego**

La jornada de riego se determinó mediante la **Ecuación 11**.

$$JR = 4 \times 2.22\ hrs$$

$$JR = \mathbf{8.88\ hr}$$

Se determinó que la jornada de riego es de $\mathbf{8.88\ hr}$, la cual corresponde al tiempo total requerido para completar el riego de toda el área.

- **Aspersores regando**

El número de aspersores regando se determinó mediante la **Ecuación 12**.

$$Asp_R = \frac{146.31\ gpm}{5.33\ {}^{m^3}/_{hr}}$$

$$Asp_R = 27.45 \approx \boldsymbol{28\ aspersores}$$

Se determinó que la cantidad de aspersores regando por turno es de $\boldsymbol{28\ aspersores}$ por turno.

Tabla 19: Diseño agronómico aspersión

DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO	
Tipo	**Aspersión Fija**
Área de riego (Ha)	3.55
Presión del emisor (bar)	2.50
Caudal del emisor (lph)	1210
Diámetro del emisor (m)	28
Marco de riego (m)	18×18
Déficit (mm)	8.302
Caudal requerido (m3/hr)	42.21
Intensidad de aplicación (mm/hr)	3.73
Frecuencia de riego (días)	Diario
Lámina ajustada (mm)	32.35
Tiempo de riego (hr)	2.22
Caudal por hectárea (m3/hr)	37.35
Caudal total (m3/hr)	132.92
#Turnos	4
Área por turno (Ha)	0.89
Caudal por turno (m3/hr)	33.23
Jornada de riego (hr)	8.88
#Aspersores regando	28

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

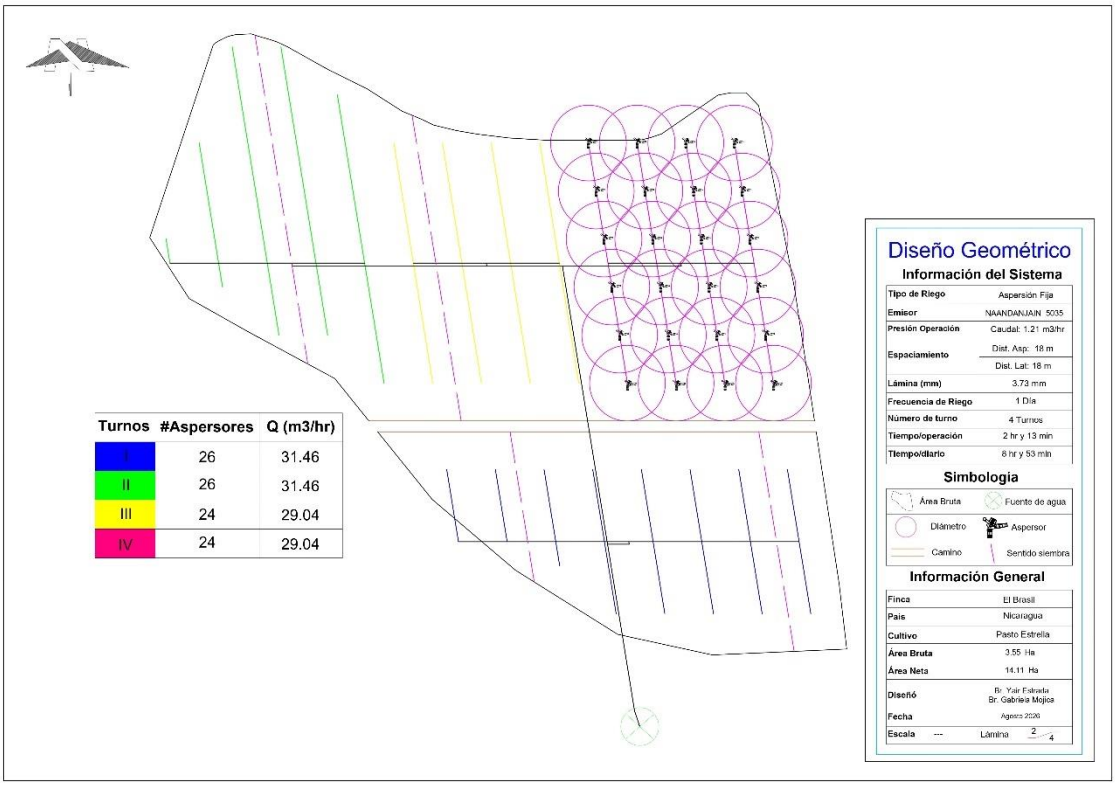
En la **Tabla 19** se presenta un resumen de los datos obtenidos del diseño agronómico para el diseño de sistema de riego por aspersión fija, la cual incluye características del aspersor, tales como; un caudal de 1210 lph y una presión de

2.50 bar. Se determinó un déficit de 8.302 mm, con un caudal requerido de 42.21 m3/hr, una frecuencia de riego de 4 días y un tiempo de riego de 2.22 horas. El sistema tiene un caudal total de 132.92 m³/h, con una jornada de riego de 8.88 horas. Dicha jornada de riego abastecerá 3.55 ha, las cuales están divididas en un máximo de 28 aspersores por los 4 turnos del área de estudio.

7.3.3. Diseño geométrico

El diseño geométrico es una etapa importante en la planificación del sistema de riego, donde se definen los turnos de riego para organizar la distribución hídrica en el área de estudio. A partir de este se desarrolla el diseño hidráulico, en el que se determinarán los elementos y características del sistema.

Figura 7: Diseño geométrico por aspersión fija



Nota: *Elaboración propia creada desde AutoCAD, (2026).*

La **Figura 7** corresponde al diseño geométrico de un sistema de riego por aspersión fija para el cultivo de pasto, distribuido en cuatro turnos de operación con el fin de optimizar el uso del caudal disponible y garantizar una adecuada cobertura del área de riego. Los turnos I y II cuentan con 26 aspersores cada uno, mientras que los turnos III y IV poseen 24 aspersores, para un total de 100 aspersores instalados. El sistema trabaja con un espaciamiento de 18 m × 18 m

entre aspersores, permitiendo un adecuado traslape de los radios de mojado para mejorar la uniformidad de aplicación del agua.

Asimismo, el diseño presenta una distribución adaptada a la forma irregular del terreno, favoreciendo una cobertura eficiente y reduciendo posibles zonas con déficit de riego. La lámina aplicada es de 3.73 mm con una frecuencia de riego de un dia, mientras que cada turno opera durante 2 horas y 13 minutos aproximadamente, alcanzando un tiempo total diario de operación de 8 horas y 53 minutos.

7.3.4. Diseño hidráulico

Con base con el diseño agronómico y diseño geométrico, se realizó el diseño hidráulico para dimensionar la red de tuberías y asegurar una distribución adecuada del agua.

- **Evaluación hidráulica en tubería secundaria**

Se presenta el análisis de un tramo de la red correspondiente a la tubería secundaria, en el cual se consideran las pérdidas de carga tanto en el maninfold como en los laterales de riego. Asimismo, se evaluó la condición donde la diferencia de pérdidas entre el lateral y el maninfold no supere el 20%.

- **Evaluación de pérdidas por fricción en tramo 1 / turno 2**

Se realizó el análisis del turno 2, debido que presenta mayores pérdidas, en el cual se consideró un criterio de una velocidad máxima de 2.5 m/s para la selección de diámetros. Este procedimiento se aplicó a todos los turnos del sistema.

Tabla 20: Valores para cálculo de pérdidas

Valores para cálculo de pérdidas	
Descripción	**Valores**
Q aspersor	1.21 m^3/h = 0.000336 m^3/s
Coeficiente Hazen-Williams	150 adimensional
Diámetro comercial	1 in
Diámetro interno de tubería	0.0304 m
Longitud tramo	2.3 m

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

Los datos presentados en la **Tabla 20** se utilizaron para el cálculo de las pérdidas de carga en el tramo evaluado.

Las pérdidas por fricción se determinaron mediante la **Ecuación 13.**

$$hf_{T1} = 10.674 \times \frac{\left(0.000336\ \frac{m^3}{s}\right)^{1.852}}{(150)^{1.852} \times (0.0304\ m)^{4.871}} \times (2.3\ m) = \mathbf{0.02074\ m}$$

Se determinaron las pérdidas evaluadas en la tubería secundaria correspondiente al turno 2, donde también se determinó la velocidad del fluido de cada tramo.

Tabla 21: Evaluación de pérdidas en tubería secundaria

Pérdidas por fricción en turno 2		
Tramos	**Hf mca**	**Velocidad m/s**
Elevador	0.02074	0.4631
1	0.1623	0.4631
2	0.5861	0.9261
3	1.2419	1.3892
4	2.1157	1.8523
5	1.5992	2.3153
6	1.0875	2.4375
Total	6.8136	

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

- **Evaluación de diferencia de pérdidas entre lateral y maninfold**

En esta evaluación se priorizó integrar todas las pérdidas permisibles dentro de la red de tuberías, considerando la ramificación correspondiente a la tubería secundaria, partiendo desde el punto crítico que se está analizando.

Tabla 22: Valores para la relación 20% lateral maninfold

Valores para la relación 20% lateral maninfold	
Descripción	**Valores**
Altura de elevador	2.3 m
Presión de operación	2.5 Bar = 25.4930 mca
hf lateral	5.72 mca
hf maninfold	1.08 mca

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

Para evaluar la diferencia de presión entre maninfold y lateral se ocupó la siguiente fórmula:

$$\%Evaluacion = \frac{34.61 - 33.52}{34.61} \times 100 = \mathbf{3.14}\%$$

Tabla 23: Condición lateral y maninfold 20%

Condición lateral y maninfold 20%		
Pérdidas	**hf mca**	**hf diferencia en %**
hf en lateral	33.52	**3.14%**
hf en maninfold	34.61	

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

Los resultados en la **Tabla 23** indican una diferencia de presión del 3.14%, correspondiente a las pérdidas acumuladas entre el lateral y el maninfold. Este valor es inferior al 20% establecido como criterio de diseño en riego por aspersión, por lo que cumple con las condiciones hidráulicas requeridas.

- **Determinación de pérdida en válvula hidráulica**

En esta evaluación, con base en la válvula seleccionada y el número total de aspersores por turno, se determinan las pérdidas de carga expresadas en bar. Para ello, se consideró el caudal total del sistema, obtenido como el producto del caudal unitario de cada aspersor.

Tabla 24: Valores para las pérdidas en válvula

Valores para las pérdidas en válvula	
Descripción	**Valores**
N° Aspersores/turno2	26 aspersores
Caudal Aspersor	1.21 m^3/h
Caudal del turno	31.46 m^3/h

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

Para la determinación de las pérdidas en la válvula, se demostró el caudal correspondiente por turno, la válvula seleccionada de marca Raphael y un diámetro nominal de 3 pulgadas.

En **Anexo 13, pág. vi**, se presenta la determinación de la pérdida de carga en la válvula hidráulica, obtenida a partir de la curva característica.

Tabla 25: Resultados técnicos de pérdidas en válvula

Resultados técnicos de pérdidas en válvula	
Descripción	**Valores**
Caudal de la válvula	31.46 m^3/h
Diámetro nominal de válvula	3 in
Pérdidas en válvula	0.11 Bar = 1.122 mca

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

El resultado obtenido en la **Tabla 25** representa las pérdidas de carga en la válvula, las cuales fueron determinadas y aplicadas para cada turno de riego. Este valor resulta relevante, ya que forma parte de los parámetros considerados en la carga total dinámica.

- **Evaluación hidráulica en tubería primaria**

Se determinaron las pérdidas en la tubería principal, la cual abastece a todos los turnos del sistema. De igual manera, se priorizó el análisis del diámetro de la tubería, la velocidad del fluido y el caudal correspondiente a cada turno.

Tabla 26: Evaluación pérdidas por fricción en tubería principal tramo 1/ turno 2

Evaluación de pérdidas por fricción tramo 1 / turno 2	
Descripción	**Valores**
Q turno = Q aspersores/turno	31.46 m^3/h = 0.008739 m^3/s
Coeficiente Hazen-Williams	150 adimensional
Diámetro comercial	3 in
Diámetro interno de tubería	0.0846 m
Longitud tramo	100 m

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

Las pérdidas por fricción se determinaron mediante la **Ecuación 13.**

$$hf = 10.674 \times \frac{\left(0.008739\ \frac{m^3}{s}\right)^{1.852}}{(150)^{1.852} \times (0.0846m)^{4.871}} \times (100\ m) = \mathbf{2.57372\ m}$$

Se determinaron las pérdidas en la tubería principal correspondiente al turno 2, donde también se determinó la velocidad del fluido en cada tramo.

Tabla 27: Pérdidas por fricción en tramos de tuberías primaria en turno 2

Pérdidas por fricción en tramos de tuberías primaria en turno 2		
Tramos	**Hf Mca**	**Velocidad M/s**
Tramo 1	2.57372	1.5546
Tramo 2	4.2963	1.5546
Total	**6.8700**	

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

- **Evaluación de pérdida estática (altura geométrica)**

Se determinaron las pérdidas por carga estática que debe vencer la bomba, a fin de garantizar el suministro de agua hasta el aspersor ubicado en el punto crítico evaluado en el turno 2.

Tabla 28: Resultados pérdidas por altura estática

Resultados pérdidas por altura estática	
Descripción	**Valores**
Cota inicial	141 m
Cota final	131 m
Diferencia	-10 m

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

En la **Tabla 28** se obtuvo una diferencia de altura entre la bomba y el punto crítico evaluado en el turno 2, este mismo criterio fue aplicado de manera consistente para cada turno del sistema.

- **Pérdidas menores en sistema**

Se determinaron las pérdidas por accesorios utilizando una expresión simplificada, la cual consiste en considerar un 3% adicional sobre las pérdidas calculadas en la tubería.

Tabla 29: Resultados pérdidas en tubería primaria y secundaria

Resultados pérdidas en tubería primaria y secundaria	
Descripción	**Valores**
hf tubería secundaria	6.8136 mca
Hf tubería primaria	6.8700 mca

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

En la pérdida de accesorios de tubería primaria y secundaria se determinó de la siguiente manera:

$hf\ Accesorios = (6.8700\ \ mca + 6.8136\ mca) * 3\% = \mathbf{0.4105\ mca}$

Se determinaron pérdidas por accesorios estimadas mediante un método simplificado, el cual consiste en aplicar un 3% adicional a las pérdidas de carga en las tuberías por donde circula el flujo. Este valor permite incorporar de forma aproximada el efecto de los accesorios en el sistema.

- **Pérdidas por fricción en caudalímetro**

Se determinaron las pérdidas en el caudalímetro para el turno 2, que, de la misma forma, fueron determinadas para cada uno de los turnos, para garantizar la precisión en el sistema.

Tabla 30: Pérdidas en caudalímetro turno 2

Pérdidas en caudalímetro turno 2	
Descripción	**Valores**
Caudal	31.46 m^3/hr
Hf en Bar	0.27 bar
Hf en Mca	2.75 mca

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

En la **Tabla 30** se obtuvo el resultado de pérdida por fricción en el caudalímetro cuando está en función el sistema para el turno 2.

- **Pérdidas por fricción en válvula check**

De la misma forma, se determinaron las pérdidas en la válvula de retención para el turno 2 y de la misma forma fueron determinadas para cada uno de los turnos.

Tabla 31: Pérdidas en válvula check para turno 2

Pérdidas en válvula check para turno 2	
Descripción	**Valores**
Caudal	31.46 m^3/hr
Hf en mBar	24 mBar
Hf en Mca	0.24 Mca

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

En la **Tabla 31** se obtuvo el resultado de pérdida por fricción en la válvula de check cuando está en función el sistema para el turno 2.

- **Pérdidas por fricción en tubería de succión**

Se realizaron las pérdidas por fricción en la tubería de succión con tubería corrugada flexible para la introducción de agua en la motobomba.

Tabla 32: Pérdidas en tubería de succión

Pérdidas en tubería de succión	
Descripción	**Valores**
Caudal turno	31.46 m^3/hr = 0.008739 m^3/s
Coeficiente Hazen-Williams	120 adimensional
Diámetro comercial	4 in
Diámetro interno de tubería	0.1030 m
Longitud tramo	6 m

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

Las pérdidas por fricción se determinaron mediante la **Ecuación 13.**

$$hf_{T1} = 10.674 \times \frac{\left(0.008739 \ \frac{m^3}{s}\right)^{1.852}}{(120\ )^{1.852} \times (0.1030 \ m)^{4.871}} \times (6\ m) = \mathbf{0.08951}\boldsymbol{m}$$

Se determinaron las pérdidas evaluadas en la tubería de succión correspondiente al turno 2, donde también se determinó la velocidad del fluido de cada tramo correspondiente a cada turno.

- **Evaluación de la carga total dinámica**

Se integraron todas las pérdidas correspondientes al turno 2. De esta misma manera, se realizó la evaluación para cada uno de los turnos restantes del sistema.

Tabla 33: Evaluación CTD en turno 2

Carga total dinámica turno 2	
Sección	**Mca**
Presión de operación	25.4930
Altura de elevador	2.3
hf Tubería secundaria	6.8136
hf Válvula	1.1217
hf Tubería primaria	6.8700

hf Accesorios	0.4105
Diferencia de nivel	-10
hf en válvula Check y caudalímetro	3.00
hf en succión	0.09
Carga total dinámica	36.10

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

- **Resumen de pérdida hidráulica por turno**

Se presentaron todas las pérdidas determinadas en el sistema donde se muestran los turnos evaluados, así como las pérdidas expresadas en metros de columna de agua (mca) y en psi, con el fin de facilitar su análisis y comparación.

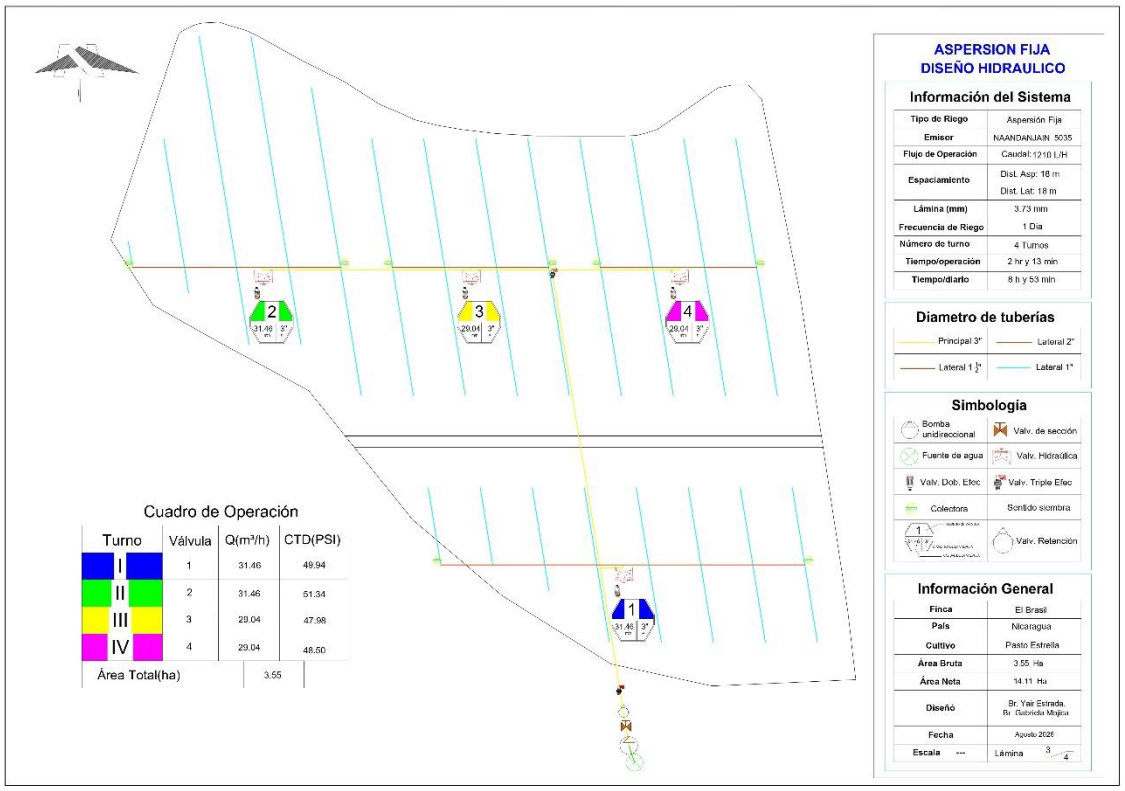
Tabla 34: Resumen de pérdidas en turnos

Pérdidas por fricción por turno		
Turno	**Mca**	**PSI**
1	35.11	49.94
2	36.10	51.34
3	33.73	47.98
4	34.10	48.50

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

Con los resultados obtenidos en la **Tabla 34** de pérdidas y caudal para cada uno de los turnos, se procederá a la selección de la bomba que alimentará el sistema de riego.

Figura 8: Plano de diseño hidráulico



Nota: Elaboración propia creada desde AutoCAD, (2026).

La **Figura 8** corresponde al diseño hidráulico de un sistema de riego por aspersión fija para un cultivo de pasto, donde se observa la distribución de las tuberías principales y laterales, así como la ubicación de válvulas y accesorios hidráulicos necesarios para el funcionamiento del sistema. El diseño está dividido en cuatro turnos de operación, permitiendo regular el caudal y la presión dentro de cada sector de riego. Los turnos I y II manejan un caudal de 31.46 m³/h, mientras que los turnos III y IV operan con 29.04 m³/h, presentando diferencias de carga total dinámica entre 48.50 y 51.34 PSI.

7.3.5. Selección de la bomba

Con base a los resultados en el diseño hidráulico y las cargas totales dinámicas de cada uno de los turnos evaluados, se selecciona el equipo de bombeo adecuado para que el sistema funcione adecuadamente.

- **Determinación de la potencia**

Se determinó la potencia de la bomba considerando el turno con mayores pérdidas de carga dentro del sistema. Asimismo, se efectuó la conversión de la carga dinámica total (CDT) de metros de columna de agua (mca) a pies, y del

caudal de m³/h a gpm, tomando una eficiencia del 60-70 % para el equipo de motobomba.

La potencia del equipo de bombeo se determina con la **Ecuación 17.**

$$Potencia = \frac{(118.44\ Pies)(138.51\ Gpm)}{3960 * (60\%)} = \mathbf{6.90\ Hp}$$

Se determinó una potencia aproximada de 7 hp para la bomba, garantizando un funcionamiento adecuado del sistema de riego en todos los turnos de operación evaluados.

- **Selección de equipo de bombeo y diseño de sarta de descarga**

En esta evaluación se toma en cuenta la carga total dinámica más predominante evaluada en el diseño hidráulico para la selección de la bomba de marca Barnes QG 3 150 HF con 4 pulgadas en succión y 3 pulgadas de descarga.

Tabla 35: Selección de motobomba

Selección de motobomba	
Especificación	**Valores**
Moto Bomba Gasolina	Barnes QG 3 150 HF
Mayor carga dinámica	36.10 Mca
Caudal	138.51 gpm

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

Con respecto a estos valores, se procede a su representación en la curva característica de la motobomba, considerando que las intersecciones en la gráfica converjan adecuadamente para garantizar un buen funcionamiento del sistema.

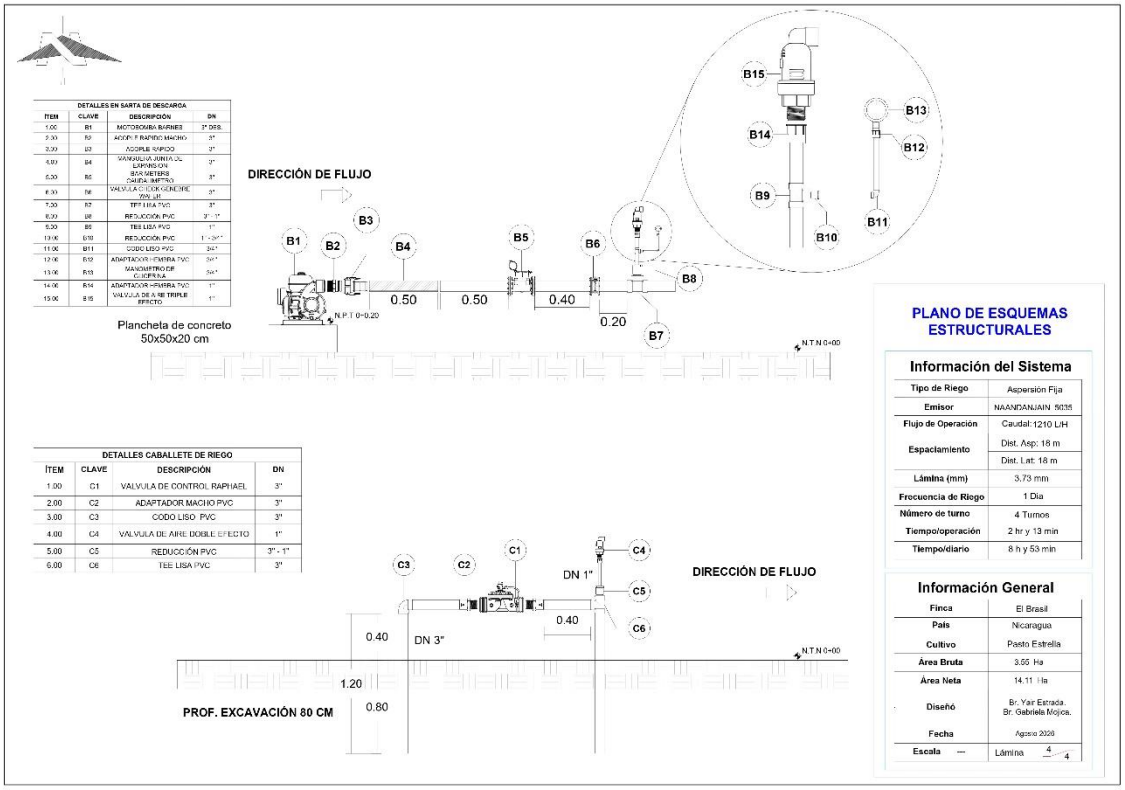
Tabla 36: Resultado en curva característica de bomba

Resultado en curva característica de bomba	
Especificación	**Valores**
CTD en sistema	36.10 mca
Carga en curva	37 mca aproximado
NPSHr en curva	6 metros

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

En **Anexo 19, pág. ix,** se presenta la gráfica donde se evidencia la convergencia entre el caudal correspondiente al turno y la curva de rendimiento de la bomba, obteniéndose como resultado la carga total dinámica (CTD), la cual fue priorizada para que mantenga coherencia con la CTD requerida por el sistema.

Figura 9: Esquema de sarta de descarga y caballete de riego



Nota: *Elaboración propia creada desde AutoCAD, (2026).*

En la **Figura 9** muestra la sarta de descarga y el caballete de riego, reflejando una adecuada organización de los componentes hidráulicos dentro del sistema. La disposición inicia con la motobomba, seguida de una válvula de retención que previene el flujo inverso, y continúa con acoples, válvulas de control y reducciones que permiten regular el caudal y adaptar los diámetros de conexión. Asimismo, la incorporación de instrumentación como el manómetro y válvulas auxiliares.

Por otra parte, el caballete de riego presenta los elementos para la distribución del agua por turnos, integrando válvulas, tees y conexiones que facilitan el control y direccionamiento del flujo hacia los emisores.

7.4. Costo de inversión

En los siguientes acápites se presentan la lista de materiales y el volumen de excavación requeridos para la instalación del sistema de riego por aspersión fija.

7.4.1. Lista de materiales

En las siguientes tablas se presenta la lista de materiales del sistema de riego, clasificando los accesorios y tuberías según su ubicación y función dentro de la red hidráulica de dicho sistema.

Tabla 37: Lista de materiales del sistema de riego por aspersión

ITEM	MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
		TUBERIAS PRINCIPAL Y SECUNDARIA	
1	**TUBERIA**	TUBO PVC 25MM(1”)X6M SDR26 CC GR	288
2	**TUBERIA**	TUBO PVC 50MM(1 ½”)X6M SDR41 CC GR	37
3	**TUBERIA**	TUBO PVC 50MM(2”)X6M SDR41 CC GR	16
4	**TUBERIA**	TUBO PVC 100MM(3”)X6M SDR41 CC GR	55
		ACCESORIOS PVC DISTRIBUCIÓN	
1	**TEE**	TEE LISA PVC PRES 25MM(1”) BL	61
2	**TEE**	TEE LISA PVC PRES 40MM(1 ½”) BL	21
3	**TEE**	TEE LISA PVC PRES 50MM(2”) BL	16
4	**TEE**	TEE LISA PVC PRES 80MM(3”) BL	3
5	**CODO**	CODO LISO PVC PRES 25MM(1”)X90 BL	39
6	**REDUCCIÓN**	REDUCCIÓN LISA PVC PRES 40MM(1 ½”)X25MM(1”) BL	21
7	**REDUCCIÓN**	REDUCCIÓN LISA PVC PRES 50MM(2”)X25MM(1”) BL	18
8	**REDUCCIÓN**	REDUCCIÓN LISA PVC PRES 50MM (2”)X40MM(1 ½”) BL	8
9	**REDUCCIÓN**	REDUCCIÓN LISA PVC PRES 80MM(3”)X50MM(2”) BL	8
10	**ADAPTADOR**	ADAPTADOR MACHO 50MM(1”) BL	100
11	**REDUCCIÓN**	REDUCCIÓN COPA GAL CED 40 25MM (1”)X3/4”	100
		ACCESORIOS DE RIEGO	
1	**CAUDALIMETRO**	CAUDALIMETRO (3”) TANGENCIAL	1
2	**VÁLVULA**	VÁLVULA DE AIRE TRIPLE EFECTO (1”)	2
3	**VÁLVULA**	VÁLVULA DE BOLA DE PVC (3”)	1
4	**ASPERSOR**	NAANDANJAIN 5035 SD (3/4”)	100
5	**VÁLVULA**	CHECK DOBLE DISCO TIPO WAFFER GENEBRE (3”)	1
6	**BRIDA**	FLANGE PVC (3”) SCH 80	4
7	**PERNO**	KIT DE PERNOS 5/8’’X6 PULG	1
8	**PERNO**	KIT DE PERNOS 5/8X(3 ½”)	1

9	**TEE**	TE LISA PVC PRES 80MM(3”) BL	1
10	**REDUCTOR**	RED LI PVC PRES 80MM(3”)X50MM(1”) BL	2
11	**ADAPTADOR**	ADAP HEMBRA 25MM(1”) BL	2
12	**TEE**	TE LISA PVC PRES 25MM(1”) BL	1
13	**CODO**	CODO LISO PVC PRES 25MM(1”) X 90 BL	1
14	**MANOMETRO**	MANOMETRO DE GLICERINA	1
15	**REDUCTOR**	RED LI PVC PRES 25MM(1”)X(3/4”) BL	1
		ACCESORIOS PARA CABALLETE	
1	**VÁLVULA**	VÁLVULA HIDRÁULICA RAPHAEL (3”)	4
2	**VÁLVULA**	VÁLVULA DE AIRE DOBLE EFECTO (1”)	4
3	**TUBERIA**	TUBO PVC 100MM(3”)X6M SDR26 CC GR	3
4	**CODO**	CODO LISO PVC PRES 80MM (3”) X 90 BL	7
5	**TEE**	TE LISA PVC PRES 80MM (3”) BL	8
6	**REDUCCION**	RED LI PVC PRES 80MM(3”)X50MM(2”) BL	8
7	**ADAPTADOR**	ADAP MACHO 80MM(3”) BL	8
8	**ADAPTADOR**	ADAP HEMBRA 50MM(1”) BL	4
9	**REDUCCION**	RED LI PVC PRES 80MM(3”)X25MM(1”) BL	4
		LAVADO	
1	**TUBERIA**	TUBO PVC 50MM(1 ½”)X6M SDR41 CC GR	3
2	**CODO**	CODO LISO PVC PRES 40MM(1 ½”) X 90 BL	8
3	**ADAPTADOR**	ADAP MACHO 40MM(1 ½”) BL	8
4	**TAPON**	TAPON HEMBRA ROSCADO 40MM(1 ½”) BL	8
		BOMBA	
1	**MOTOBOMBA**	BARNES GASOLINA QG 3 150 HF	1
2	**ACOPLE**	ACOPLE RAPIDO MACHO AL (3”)	1
3	**MANGUERA**	MANGUERA DE SUCCION CORRUGADA PVC DE (4”)X6M	1
4	**ACOPLE**	ACOPLE RAPIDO MACHO AL (4”)	1
5	**MANGUERA**	MANGUERA DE DESCARGA DE (3”)X1M	1
6	**VÁLVULA**	VÁLVULA CHECK PASCOS (4”)	1
7	**BRIDA**	BRIDA METALICA (4”)	6
		MISCELANIO	
1	**ACETONA**	GL ACETONA	2
2	**ILASA**	SACO ILASA	1
3	**TEFLON**	TEFLON GENEBRA 19MMX0.1MMX50M	25
4	**SILICON**	PACHA SILICON	2

5	**PEGAMENTO**	PEGA PVC DURMAN GALON	5

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

La **Tabla 37** está conformada por una red de tuberías de PVC hidráulico de diferentes diámetros, que van desde 25 mm (1”) hasta 100 mm (3”), utilizadas para la conducción principal, secundaria y distribución del agua hacia los distintos sectores de riego. La red incluye una gran variedad de accesorios como tees, codos, reducciones y adaptadores, los cuales permiten realizar las derivaciones, cambios de dirección y transiciones de diámetro necesarias para el funcionamiento del sistema.

Además, se incorporan elementos de control hidráulico como válvulas de aire, válvulas de retención, válvulas de bola, caudalímetro y manómetro, que aseguran la regulación, protección y monitoreo de la presión y el caudal. El sistema es alimentado por una motobomba a gasolina con sus respectivas mangueras de succión y descarga, complementado con materiales auxiliares para la instalación, sellado y mantenimiento, garantizando así una operación eficiente y continua del sistema de riego.

7.4.2. Lista de excavación

En la siguiente tabla se presenta el costo correspondiente a las actividades de excavación realizadas mediante el uso de un bahot, considerando las longitudes de excavación requeridas para la instalación de las tuberías del sistema de riego por aspersión fija.

Tabla 38: Lista de costo de excavación

BAHOT						
PRECIO C$/HR	**PROF. (m)**	**EXCAVACIÓN KM/HR**	**METRO LINEAL**	**HORAS**	**TAPADO**	**COSTO**
C$ 2,930.00	0.8	100	2083.93	21	0.8	**C$ 61,059.15**

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

La **Tabla 38** presenta el costo de excavación donde se determinó en función del rendimiento horario del equipo de excavación, la longitud total de excavación y el costo operativo por hora del bahot. Para una longitud total de 2083.93 m lineales y un rendimiento de 100 m/hr, se estimó un tiempo de operación de 21 horas. Considerando un costo operativo de C$2,930 por hora, el costo total de excavación asciende a **C$61,059.15** córdobas.

Se realizó la cotización de la lista de materiales en la empresa **SERVITEC** para la propuesta de diseño del sistema de riego por aspersión fija, considerando todos los elementos para su instalación y funcionamiento, entre ellos tuberías, válvulas, accesorios, conexiones y equipo complementario. En el cual, se determinó una inversión de **C$ 305,649.00** córdobas correspondiente al suministro de materiales necesarios para la implementación del sistema. (**Anexo 27, pág. xiii**)

VIII. CONCLUSIÓN

La caracterización edafoclimática determinó que el suelo presenta condiciones favorables para el cultivo de pasto estrella, con un pH de 6.7, conductividad eléctrica de 527 µS, textura franco-arcillosa, capacidad de retención hídrica de 54.31%, densidad aparente de 0.719 g/cm³, porosidad de 67.46%, que favorecen el desarrollo del cultivo y la infiltración del agua. La prueba de infiltración por el método de Porchet cuantificó una velocidad de 10.78 mm/h.

El diseño agronómico, geométrico e hidráulico permitió dimensionar un sistema de riego capaz de satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo, obteniendo una lámina de cultivo equivalente a una misma lámina de riego de 8.302 mm con frecuencia de aplicación diaria. El sistema opera con un caudal de bombeo de 42.21 m³/h, distribuido en cuatro turnos de riego de 2 horas y 13 minutos cada uno. Asimismo, el diseño hidráulico estableció una presión de operación máxima de 51.34 psi y un caudal de 138.52 GPM, garantizando el adecuado funcionamiento de la red hidráulica y una distribución uniforme del agua.

El costo total de inversión del sistema de riego por aspersión fija es de C$ 366,708.15, equivalente a C$ 103,298.07 por hectárea. Este monto contempla las obras civiles y componentes hidráulicos necesarios para la implementación del sistema, incluyendo la excavación, tuberías de PVC para riego, válvulas, accesorios y equipo de bombeo.

IX. RECOMENDACIONES

- Operar el sistema de riego en dos turnos durante la mañana y dos en la tarde, con el fin de resguardar y prolongar la vida útil del motor que posee la motobomba, evitando que trabaje más de 6 horas continuas.

- Construir un filtro en el pozo, elaborado con malla alrededor de la zona de captación, para evitar el ingreso de sedimentos como hojas, arena y objetos extraños considerable.

- Construir una base de concreto (plancheta) para la instalación de la motobomba y sarta de descarga anclada, especialmente por tratarse de un área cercana al río con suelo inestable.

- Realizar un monitoreo periódico de la fuente de agua con respecto a los niveles estático y dinámico en toda la época del año.

X. BIBLIOGRAFÍA

AgroEs. (26 de enero de 2016). *Humedad disponible*. Obtenido de Humedad disponible: https://www.agroes.es/

AGROPINOS. (24 de marzo de 2022). *Sistema de riego por aspersión*. Obtenido de Sistema de riego por aspersión: https://www.agropinos.com/blog/sistema-de-riego-por-aspersion

Boris, T. (07 de julio de 2020). *Parámetros físicos del agua*. Obtenido de Parámetros físicos del agua: https://ingenieriaambiental.net/parametros-fisicos-del

Camejo, D. L., Duarte, M. L., & Guerra, M. G. (2017). *Diseño agronómico en máquinas de pivote central, rendimientos,*. Obtenido de Diseño agronómico en máquinas de pivote central, rendimientos,: http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n2/riha01217.pdf

Cruz. (3 de noviembre de 2019). *Fervalle*. Obtenido de Fervalle : https://www.fervalle.com/platano/

Custodio, L. y. (1983). Hidrología Subterránea. En C. y. Llamas, *Hidrología* (pág. 1192). Barcelona: Editorial Omega.

Custodio, L. y. (1983). Hidrología Subterránea. En Custodio-Llamas, *Hidrología Subterranea* (pág. 1192). Barcelona: Editorial Omega.

Díaz, V., & Herrera, M. (septiembre de 2019). *Análisis de uniformidad de intensidad de aplicación del agua, del sistema de riego por aspersión, en la finca Experimental el Plantel, de la Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, 2016 -2017*. Obtenido de Análisis de uniformidad de intensidad de aplicación del agua, del sistema de riego por aspersión, en la finca Experimental el Plantel, de la Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, 2016 -2017: https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf06d542.pdf

Edafología. (2025). *PROPIEDADES FÍSICAS*. Obtenido de PROPIEDADES FÍSICAS: http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm

Edete, E. (28 de agosto de 2020). *Conceptos* . Obtenido de Conceptos : https://concepto.de/topografía/

Étece. (13 de junio de 2022). *Clima*. Obtenido de Clima: https://concepto.de/clima-2/

FAO. (2023). *ESTIMACIONES DEL CAUDAL DE AGUA*. Obtenido de ESTIMACIONES DEL CAUDAL DE AGUA: https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6705s/x6705s03.htm

Gámez, W. (2010). Precipitación. En I. W. Morales, *TEXTO BÁSICO DE HIDROLOGÍA* (pág. 150). Managua: Editronic, S.A.

GEA. (2017). *CÓMO DETERMINAR; CUÁNTO Y CUÁNDO REGAR*. Obtenido de CÓMO DETERMINAR; CUÁNTO Y CUÁNDO REGAR: https://www.gea.uchile.cl/archivos/Como_determinar_cuando_y_cuanto_regar_Conadi.pdf

González, K. (25 de enero de 2019). *Ficha Técnica Pasto Estrella (Cynodon nlemfuensis)*. Obtenido de Ficha Técnica Pasto Estrella (Cynodon nlemfuensis): https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-pastoreo/pasto-estrella/

Hortalizas. (1979). *Órgano de Consumo*. Obtenido de Órgano de Consumo: https://www7.uc.cl/sw_educ/hortalizas/html/choclo/organo_consumo_choclo.html

IAGUA. (05 de junio de 2025). *¿Qué es el estrés hídrico y en qué se diferencia del déficit hídrico?* Obtenido de ¿Qué es el estrés hídrico y en qué se diferencia del déficit hídrico?: https://www.iagua.es/noticias/sunass/que-es-estres-hidrico-y-que-se-diferencia-deficit-hidrico#:~:text=En%20cuanto%20al%20d%C3%A9ficit%20h%C3%ADdrico,es%20mayor%20a%20la%20oferta.

IRRIGA. (2024). *Sistemas de Riego de Aspersión por Cañón*. Obtenido de Sistemas de Riego de Aspersión por Cañón: https://irriga.com.mx/aspersion-con-canon/#:~:text=Sistemas%20de%20Riego%20de%20Aspersi%C3%B3n,de%20aplicaci%C3%B3n%2075%20%E2%80%93%2080%25.

Lezama Rodríguez, & Gutiérrez Mora. (Febrero de 2022). *UNA*. Obtenido de Análisis socioeconómico y ambiental de obras de conservación de suelo y agua en Las canoas, 2018: https://repositorio.una.edu.ni/4493/1/tnp36l686.pdf

Martínez, & Cortez. (2012). Determinación de Parámetros Hidrofísicos en los suelos del Centro de Desarrollo Tecnológico CDT – INTA Miraflor_ Las Segovias, Estelí. Managua: Aldana.

Mena. (26 de octubre de 2023). *Ingenio*. Obtenido de Ingenio: https://ingebio.cl/que-es-la-frecuencia-de-riego/#:~:text=La%20frecuencia%20de%20riego%20se%20refiere%20a%20la,clima%2C%20el%20suelo%20y%20la%20estaci%C3%B3n%20del%20a%C3%B1o.

Mendoza. (07 de marzo de 2019). *deagronomia*. Obtenido de deagronomia: https://deagronomia.com/tecnicas-agricolas/sistemas-de-riego/

Michel, I. A. (2025). *LÁMINA DE RIEGO Y MONITOREO DE HUMEDAD EN SUELO PARA FRUTILLAS Y AGUACATE*. Obtenido de LÁMINA DE RIEGO Y MONITOREO DE HUMEDAD EN SUELO PARA FRUTILLAS Y AGUACATE: https://www.netafim.com.mx/blog/LAMINA-DE-RIEGO-Y-MONITOREO-DE-HUMEDAD-EN-SUELO-PARA-FRUTILLAS-Y-AGUACATE/#:~:text=FRUTILLAS%20Y%20AGUACATE-,L%C3%81MINA%20DE%20RIEGO%20Y%20MONITOREO%20DE%20HUMEDAD%20EN%20SUELO%20PARA,%2DTemplado%20h%C3%BAmedo.

Molina. (22 de mayo de 2020). *Tecnología de riego*. Obtenido de Tecnología de riego : https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/aplicacion-del-riego#:~:text=La%20intensidad%20de%20aplicaci%C3%B3n%20del%20riego%2C%20un%20t%C3%A9rmino,var%C3%ADa%20la%20forma%20en%20que%20aplica%20el%20agua.

Montes. (enero de 2021). *Trabajadores Agrícolas Y Obreros, Cultivos*. Obtenido de Trabajadores Agrícolas Y Obreros, Cultivos: https://seasonaljobs.dol.gov/es/jobs/H-300-20224-762377

Morales, F. (15 de 07 de 2024). *SoilSense*. Obtenido de https://soilsense.io/blog/tpost/7vl8dr5vs1-what-is-field-capacity-and-why-is-it-imp

Peralta, I. M., & Simpfendörfer, I. C. (febrero de 2001). *RIEGO POR ASPERSIÓN*. Obtenido de RIEGO POR ASPERSIÓN: https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/0340e3be-f94f-4fc1-92d2-e143055740ba/content

Perez. (27 de octubre de 2020). *Infiltración del agua*. Obtenido de Infiltración del agua: https://www.ciclohidrologico.com/infiltracin_del_agua

Pilar. (13 de junio de 2011). *traxco*. Obtenido de traxco: https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/transpiracion

Ponce, D., Ponce, K., & Rodriguez, L. (4 de Febrero de 2021). *Repositorio UNAN Managua.* Obtenido de Repositorio UNAN Managua: https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/15537/2/20260.pdf

proain. (03 de septiembre de 2020). Obtenido de proain: https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/frecuencia-y-tiempos-de-riego-para-los-cultivos-agricolas

Ramirez. (2022). Obtenido de https://significadosweb.com/concepto-de-lamina-de-riego-que-es-definicion/#google_vignette

Ramírez, M. (2024). *UTB*. Obtenido de Importancia de la lámina de agua en el cultivo de arroz para su desarrollo y producción sostenible: https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/16125/E-UTB-FACIAG-%20AGROP-000121.pdf?sequence=1

Reyes. (2024). Obtenido de https://www.plantasyestilo.com/riego-por-turnos-caracteristicas-y-adecuada-implementacion/

Rivas, I., & Tijerino, U. (diciembre de 2012). *Diseño de un Sistema de Riego por Aspersión Convencional para el Cultivo del Maíz (Zea mays) en el Centro Experimental Agrícola (CEA – UNI), en el Municipio Las Flores, Departamento de Masaya.* Obtenido de Diseño de un Sistema de Riego por Aspersión Convencional para el Cultivo del Maíz (Zea mays) en el

Centro Experimental Agrícola (CEA – UNI), en el Municipio Las Flores, Departamento de Masaya.: https://ribuni.uni.edu.ni/1034/1/38245.pdf

Rocha, J. I. (marzo de 2025). *Sistema de riego por aspersión*. Obtenido de Sistema de riego por aspersión: https://www.una.edu.ni/wp-content/uploads/2025/03/07_Mod_1_Tema_6_Documento.pdf

Rojas. (20 de enero de 2015). *Parámetros químicos*. Obtenido de Parámetros químicos: https://www.studysmarter.es/

Rojas, T. (24 de junio de 2024). *ESTELI CONTINÚA DINAMIZANDO LA ECONOMÍA EN ESTE 45 19*. Obtenido de ESTELI CONTINÚA DINAMIZANDO LA ECONOMÍA EN ESTE 45 19: https://www.economiafamiliar.gob.ni/websitemefcca-mvc/noticia-esteli-continaua-dinamizando-economaia-este-/1295

Sela, I. G. (2025). *Riego por pivote central*. Obtenido de Riego por pivote central: https://cropaia.com/es/blog/riego-por-pivote-central/#:~:text=El%20riego%20de%20pivote%20central,convierte%20en%20grandes%20m%C3%A1quinas%20aut%C3%B3nomas.

SiAR. (2025). *EVAPOTRANSPIRACIÓN* . Obtenido de EVAPOTRANSPIRACIÓN : https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/Evapotranspiraci%C3%B3n_tcm30-82951.pdf

Villaseñor, I. R. (17 de diciembre de 2024). *¿Qué es el riego por microaspersión?* Obtenido de ¿Qué es el riego por microaspersión?: https://hydroenv.com.mx/id220/#:~:text=El%20riego%20por%20microaspersi%C3%B3n%20es,minimiza%20el%20desperdicio%20de%20agua.

Villaseñor, I. R. (17 de diciembre de 2024). *Riego por aspersión: Definición y elementos principales*. Obtenido de Riego por aspersión: Definición y elementos principales: https://hydroenv.com.mx/id408/

XI. ANEXOS

Anexo 1: Extracción de muestra inalterada del suelo



Nota: *Tomada en la finca El Brasil.*

Anexo 2: Remoción del suelo alterado



Nota: *Tomada en la finca El Brasil.*

Anexo 3: Prueba de infiltración por el método de Porchet



Nota: *Tomada en la finca El Brasil.*

Anexo 4: Método del tacto al suelo



Nota: *Tomada en el laboratorio de edafología.*

Anexo 5: Medición del pH



Nota: *Tomada en el laboratorio de edafología.*

Anexo 6: Medición de conductividad eléctrica



Nota: *Tomada en el laboratorio de edafología.*

Anexo 7: Densidad del agua destilada a distintas temperaturas

T (°C)	Densidad (gr/cm³)	T (°C)	Densidad (gr/cm³)	T (°C)	Densidad (gr/cm³)
0.0	0.999	12.5	0.999	25.0	0.997
0.5	0.999	13.0	0.999	25.5	
1.0	0.999	13.5	0.999	26.0	0.997
1.5	0.999	14.0	0.999	26.5	0.997
2.0	0.999	14.5	0.999	27.0	0.997
2.5	0.999	15.0	0.999	27.5	0.996
3.0	0.999	15.5	0.999	28.0	0.996
3.5	0.999	16.0	0.999	28.5	0.996
4.0	1.000	16.5	0.999	29.0	0.996
4.5	1.000	17.0	0.999	29.5	0.996
5.0	1.000	17.5	0.999	30.0	0.996
5.5	1.000	18.0	0.999	30.5	0.996
6.0	1.000	18.5	0.998	31.0	0.995
6.5	1.000	19.0	0.998	31.5	0.995
7.0	1.000	19.5	0.998	32.0	0.995

Nota: *Guía fundamentos de suelos, (2019).*

Anexo 8: Coeficiente Kc del pasto estrella

Cultivo		$K_{c\ ini}$ [1]	$K_{c\ med}$	$K_{c\ fin}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
Pastos de Pastoreo	– pastos de rotación – pastoreo extensivo	0,40 0,30	0,85-1,05 0,75	0,85 0,75	0,15-0,30 0,10

Nota: *FAO, (2026).*

Anexo 9: Aspersor NaandanJain 5035 SD



Nota: *Rivulis, (2026).*

Anexo 10: Tabla de rendimiento

Color del anillo	Color Boquil-la(mm)	P (bar)	Q (m^3/h)	D (m)	Espaciado (m)						
					12x12	12x15	12x18	15x15	15x18	18x18	20x20
Rojo	3.5 Azul	2.5	0.720	24.0	5.0	4.0	3.3	3.2			
		3.0	0.790	24.0	5.5	4.4	3.7	3.5			
		4.0	0.910	25.0	6.3	5.1	4.2	4.0	3.4		
		5.0	1.040	25.0	7.2	5.8	4.8	4.6	3.9		
	4.0 Negro	2.5	0.950	26.0	6.6	5.3	4.4	4.2	3.5		
		3.0	1.040	26.0	7.2	5.8	4.8	4.6	3.9		
		4.0	1.200	26.0	8.3	6.7	5.6	5.3	4.4	3.7	
		5.0	1.350	28.0	9.4	7.5	6.3	6.0	5.0	4.2	
Negro	4.5 Marrón	2.5	1.210	28.0	8.4	6.7	5.6	5.4	4.5		
		3.0	1.320	28.0	9.2	7.3	6.1	5.9	4.9	4.1	
		4.0	1.540	29.0	10.7	8.5	7.1	6.8	5.7	4.7	
		5.0	1.710	30.0	11.9	9.5	7.9	7.6	6.3	5.3	
	5.0 Violeta	2.5	1.460	29.0	10.1	8.1	6.8	6.5	5.4	4.5	
		3.0	1.610	29.0	11.2	8.9	7.5	7.2	6.0	5.0	4.0
		4.0	1.870	31.0	13.0	10.4	8.7	8.3	6.9	5.8	4.7
		5.0	2.100	32.0	14.6	11.7	9.7	9.3	7.8	6.5	5.3
	5.5 Naranja	2.5	1.760	30.0	12.2	9.8	8.1	7.8	6.5	5.4	4.4
		3.0	1.930	31.0	13.4	10.7	8.9	8.6	7.1	6.0	4.8
		4.0	2.230	34.0	15.5	12.4	10.3	9.9	8.3	6.9	5.6
		5.0	2.490	35.0	17.3	13.8	11.5	11.1	9.2	7.7	6.2
	6.0 Rojo	2.5	2.060	30.0	14.3	11.4	9.5	9.2	7.6	6.4	5.2
		3.0	2.260	32.0	15.7	12.6	10.5	10.0	8.4	7.0	5.7
		4.0	2.620	34.0	18.2	14.6	12.1	11.6	9.7	8.1	6.6
		5.0	2.940	36.0	20.4	16.3	13.6	13.1	10.9	9.1	7.4

Nota: *Rivulis, (2026).*

Anexo 11: Motobomba BA 3x3 6.5 HP



Nota: *Catalogo Power Pumps, (2026).*

Anexo 12: Especificaciones válvula hidráulica

RAF-P VÁLVULA PLASTICA DE CONTROL

RAF-P 01

Válvula Plástica de Control Manual

Válvula de 3-Vías tipo SY.

La válvula manual **RAF-P 01** es una presión de línea Normalmente Cerrada (N.C.) accionada hidráulicamente. La válvula selectora 3-vías SY cambia de posición provocando:

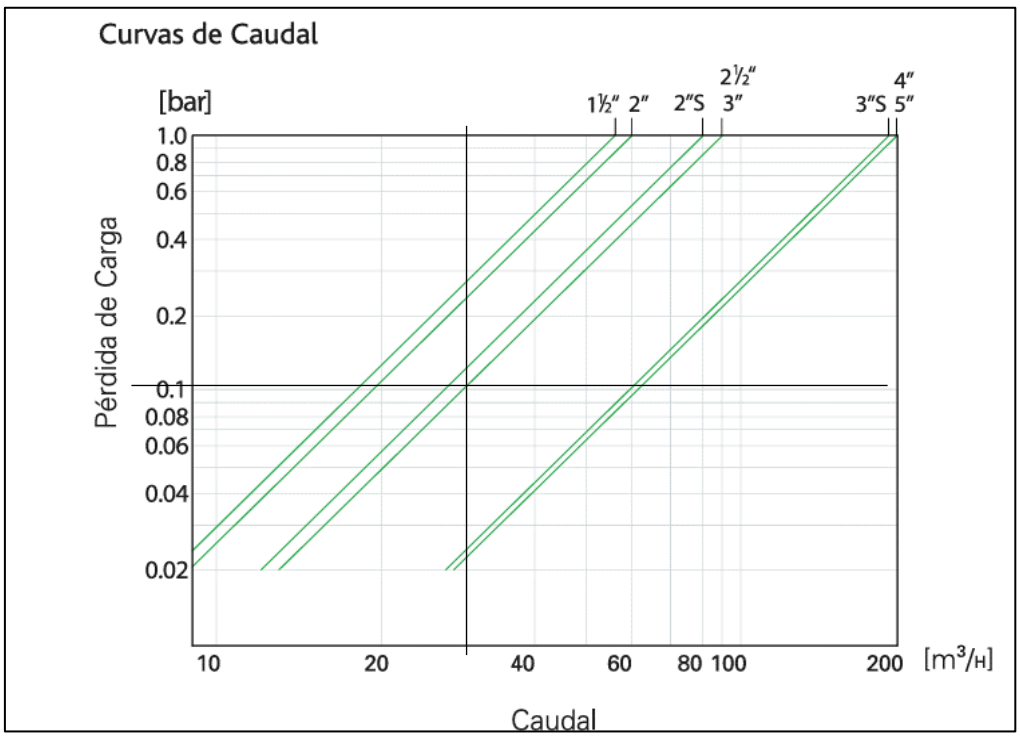
RAF-P 01 se abre cuando el selector de la válvula 3-vías se gira a la posición "O".
RAF-P 01 se cierra cuando el selector de la válvula 3-vías se gira a la posición "C".

La configuración de la válvula de 3-vías junto con el diafragma patentado de Raphael permiten una apertura suave y un cierre sin golpe de ariete.



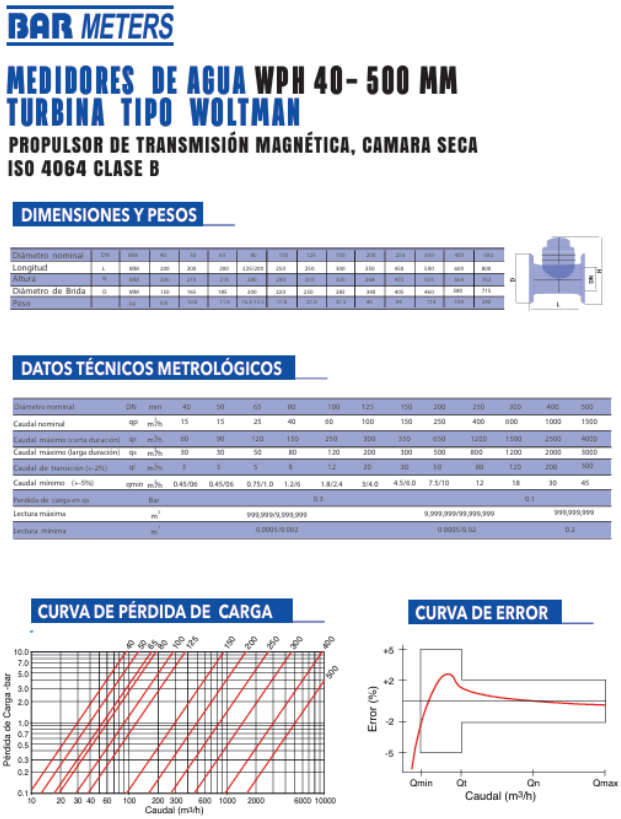
Nota: *RAF-P Catálogo de Riego RAPHAEL, (2026).*

Anexo 13: Determinación de pérdida en válvula hidráulica



Nota: *RAF-P Catálogo de Riego RAPHAEL, (2026).*

Anexo 14: Ficha técnica de caudalímetro



BAR METERS

MEDIDORES DE AGUA WPH 40- 500 MM
TURBINA TIPO WOLTMAN

PROPULSOR DE TRANSMISIÓN MAGNÉTICA, CAMARA SECA
ISO 4064 CLASE B

DIMENSIONES Y PESOS

Diámetro nominal	DN	mm	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	400	500
Longitud	L	MM	200	208	280	225/205	250	250	300	350	450	500	600	800
Altura	H	MM	220	220	220	240	240	310	310	345	425	500	664	850
Diámetro de Brida	D	MM	150	165	185	200	229	256	285	348	405	460	580	715
Peso		kg	6.8	10.6	11.6	16.2/17.5	17.8	21.6	31.3	40	95	114	198	340

DATOS TÉCNICOS METROLÓGICOS

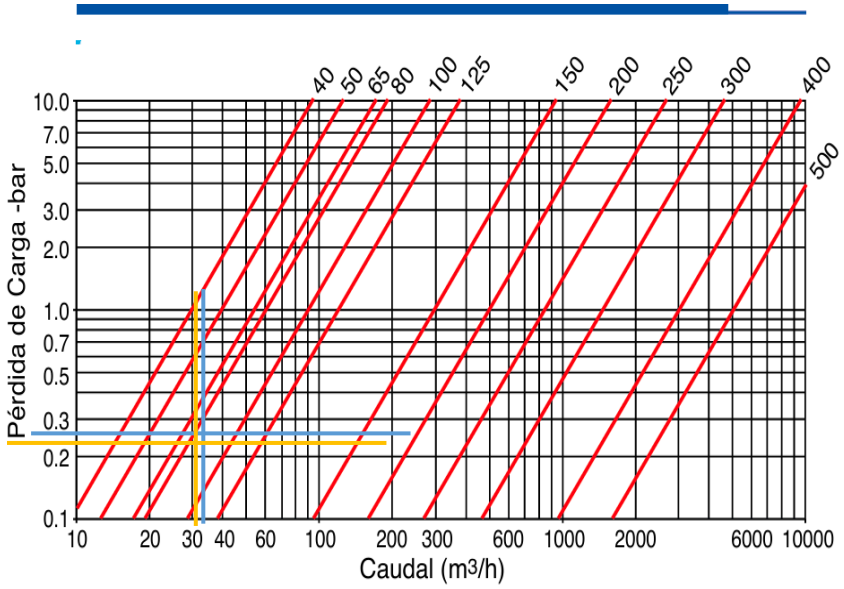
Diámetro nominal	DN	mm	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	400	500
Caudal nominal	qp	m^3/h	15	15	25	40	60	100	150	250	400	600	1000	1500
Caudal máximo (corta duración)	qs	m^3/h	60	90	120	150	250	300	350	650	1200	1500	2500	4000
Caudal máximo (larga duración)	qs	m^3/h	30	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000
Caudal de transición (+-2%)	qt	m^3/h	3	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300
Caudal mínimo (+-5%)	qmin	m^3/h	0.45/06	0.45/06	0.75/1.0	1.2/6	1.8/2.4	3/4.0	4.5/6.0	7.5/10	12	18	30	45
Perdida de carga en qs		Bar	0.3									0.1		
Lectura máxima		m^3	999,999/9,999,999						9,999,999/99,999,999			999,999,999		
Lectura mínima		m^3	0.0005/0.002						0.0005/0.02			0.2		

CURVA DE PÉRDIDA DE CARGA

CURVA DE ERROR

Nota: *BAR METERS, (2026).*

Anexo 15: Curva característica del caudalímetro



Nota: *BAR METERS, (2026).*

Anexo 16: Ficha técnica de válvula check

GENEBRE
Edificio Genebre. Av. de Joan Carles I, 46-48
08908 L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona (Spain)
genebre@genebre.es - www.genebre.es

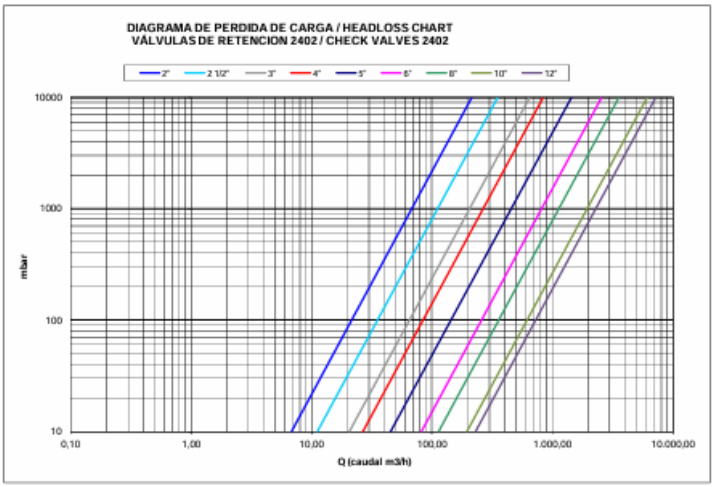
VALORES DE Kv / Kv VALUES

Kv = Es la cantidad de metros cúbicos por hora que pasará a través de la válvula generando una perdida de carga de 1 bar.
Kv = The rate of flow of water in cubic meter per hour that will generate a pressure drop of 1 bar across the valve.

D	Inch	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
Kv	m³/h	68	111	206	266	455	813	1132	1950	2300

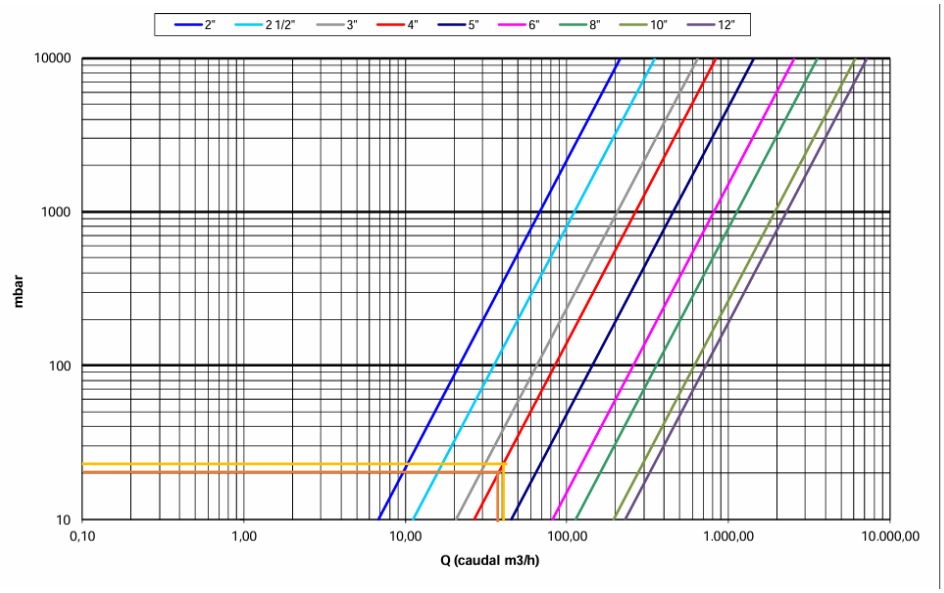
DIAGRAMA DE PERDIDAS DE CARGA / HEAD LOSSES DIAGRAM

(H_2O – 20 °C Flujo Horizontal / *Horizontal flow*).



Nota: *Genebre, (2026).*

Anexo 17: Curva característica de válvula check



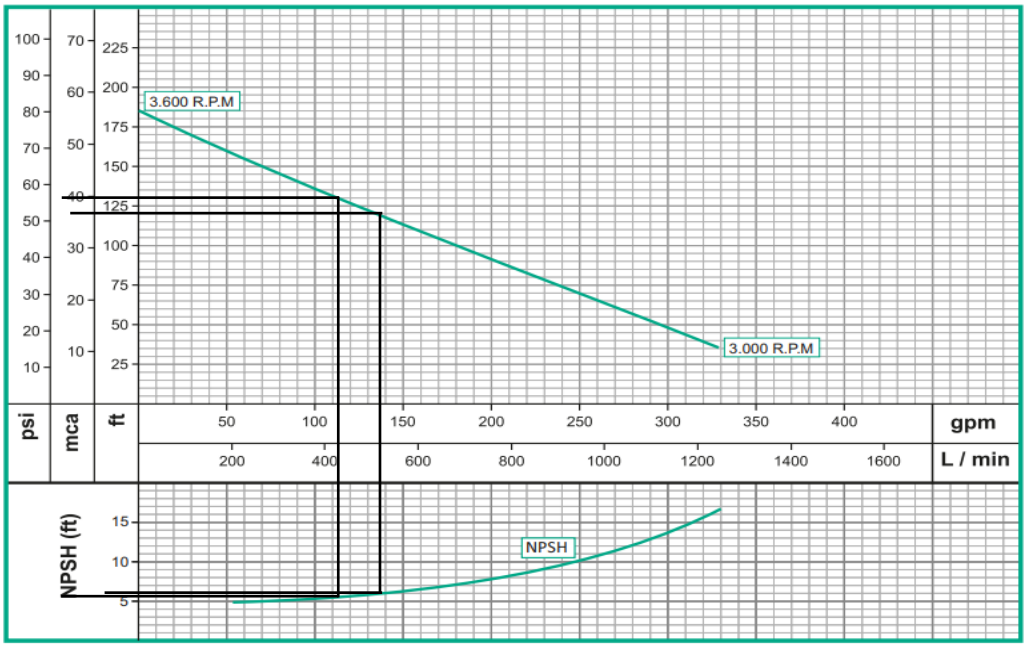
Nota: *Genebre, (2026).*

Anexo 18: Ficha técnica motobomba Barnes



Nota: *Barnes, (2026).*

Anexo 19: Grafica curva característica de bomba marca Barnes QG 3 150 HF



Nota: *Barnes, (2026).*

Anexo 20: Tabla de diámetros internos en tubería

TABLA DIÁMETROS INTERNOS Y EXTERNOS EN TUBERÍA PVC Y CPVC

Pulg	mm	SDR 13.5 (315 psi) (ASTM2241)	SDR 17 (250 psi) (ASTM2241)	SDR 26 (160 psi) (ASTM 2241)	SDR 32.5 (125 psi) (ASTM2241)	SDR 41 (drenaje)	SDR 50 (drenaje)	*SCH 40 (ASTM1785)	PVC SCH80 ASTM 1785	CPVC FlowGuard Gold NSF SE 8225 CTS SDR 13.5
1/2"	12	18.2/21.3	...	...	...	...	...	15.8/21.3	13,8/21,3	13,1/15,9
3/4"	18	...	23.5/26.7	...	...	...	...	20.9/26.7	18,9/26,7	22,2/18,9
1"	25	...	29.5/33.4	30.4/33.4	...	...	...	26.6/33.4	24,3/33,4	24,4/28,6
1 1/4"	31	...	37.2/42.2	38.9/42.2	39.1/42.2	39.8/42.2	...	35.0/42.2	32,5/42,2	29,7/34,9
1 1/2"	38	...	42.6/48.3	44.6/48.3	45.3/48.3	45.9/48.3	...	40.9/48.3	38,1/48,3	35,2/41,3
2"	50	...	53.2/60.3	5537/60.3	56.6/60.3	57.4/60.3	57.9/60.3	52.5/60.3	49,2/60,3	46,0/54,0
2 1/2"	62	...	64.4/73.0	67.4/73.0	68.5/73.0	69.5/73.0	...	62.7/73.0	59,0/73,0	
3"	75	...	78.4/88.9	82.0/88.9	83.4/88,9	84.6/88,9	83.3/88.9	77.9/88.9	73,7/88,9	
4"	100	...	100.8/114.3	105.5/114.3	107.3/114.3	108.7/114.3	109.7/114.3	102.3/114.3	97,2/114,3	
6"	150	...	148.5/168.3	155.3/168.3	157.9/168.3	160.1/168.3	...	154.1/168.3	146,4/168,3	
8"	200	...	193.3/219.1	202.2/219.1	205.6/219.1	208.4/219.1	...	...	193,7/219,1	
10"	250	...	240.9/273.1	252.1/273.1	256.2/273.1	259.8/273.0	...	...	243,0/273,1	
12"	300	...	285.8/323.8	299.0/323.8	303.9/323.8	308.1/323.8	...	...	288,9/323,8	
15"	375	...	...	358.7/388.6	364.7/388.6	369.7/388.6	...	...		
18"	450	...	...	422.0/457.2	429.1/457.2	434.9/457.2	...	...		

Nota: *Catalogo DURMAN, (2026).*

Anexo 21: Tabla de rendimiento de pegamento en accesorios

TABLA RENDIMIENTO DE PEGAMENTO Y LUBRICANTE ACCESORIOS

Rendimiento aproximado por galón de Pegamento en accesorios

Diámetro Pulgadas	Diámetro milímetros	Cantidad Tapones	Cantidad de Cruces	Cantidad de Yee-Tee
1/2	12	1500	375	500
3/4	18	1500	375	500
1	25	1000	250	333
1 1/4	31	600	150	200
1 1/2	38	400	100	133
2	50	320	80	107
2 1/2	62	260	65	87
3	75	200	50	67
4	100	160	40	53
6	150	80	20	27
8	200	70	17.5	23
10	250	60	15	20
12	300	56	14	19
14	350	44	11	15
15	380	40	10	13

Nota: *Catálogo DURMAN, (2026).*

Anexo 22: Tabla rendimiento de pegamento en tubería

TABLA DE PEGAMENTO RENDIMIENTO APROX. POR GALÓN EN TUBERÍAS

Diámetro (pulgadas)	Diámetro (milímetros)	Cantidad de Tubos				
		1 gl	1/4 gl	1/8 gl	1/16 gl	1/32 gl
1/2	12	750	200	100	50	25
3/4	18	750	170	85	42	21
1	25	500	150	75	37	19
11/4	31	300	90	45	22	11
11/2	38	200	70	35	17	9
2	50	160	45	22	11	6
2 1/2	62	130	35	17	8	4
3	75	100	25	0	0	0
4	100	80	15	0	0	0
6	150	40	10	0	0	0
8	200	35	5	0	0	0
10	250	30	0	0	0	0
12	300	28	0	0	0	0
14	350	22	0	0	0	0
15	380	20	0	0	0	0
16	400	18	0	0	0	0
18	450	13	0	0	0	0
20	500	11	0	0	0	0
22 y 24	550 y 600	10	0	0	0	0
26 y 28	650 y 700	8	0	0	0	0
30 y 32	750 y 800	7	0	0	0	0
34	850	6	0	0	0	0
36	900	5	0	0	0	0
38 a 44	950 a 1100	4	0	0	0	0
46 a 52	1150 a 1350	3	0	0	0	0
54 a 68	1350 a 1700	2	0	0	0	0
70 a 120	1750 a 300	1	0	0	0	0

Nota: *Catálogo DURMAN, (2026).*

Anexo 23: Bahot



Nota: *CAT, (2026).*

Anexo 24: Bordillo de la fuente de agua



Nota: *Tomada en la finca El Brasil.*

Anexo 25: Fuente de agua (noria)



Nota: *Tomada en la finca El Brasil.*

Anexo 26: Cálculo de pegamento

PEGAMENTO							
ITEM	**MATERIAL**	**DESCRIPCIÓN**	**CANTIDAD**	**CANT/GAL**	**#GAL**	**SEGURIDAD**	**TOTAL GAL**
		TUBERIAS PRINCIPAL Y SECUNDARIA					
1	**TUBERIA**	PVC 25MM (1")X6M SDR26 CC GR	288	500	0.58	0.288	0.7055
2	**TUBERIA**	TUBO PVC 50MM (1 1/2")X6M SDR41 CC GR	37	200	0.19	0.0925	
3	**TUBERIA**	TUBO PVC 50MM (2")X6M SDR41 CC GR	16	160	0.10	0.05	
4	**TUBERIA**	TUBO PVC 100MM (3")X6M SDR41 CC GR	55	100	0.55	0.275	
		ACCESORIOS PVC DISTRIBUCIÓN					
1	**TEE**	TEE LISA PVC PRES 25MM (1") BL	61	333	0.18	0.18	2.18638675
2	**TEE**	TEE LISA PVC PRES 40MM (1 1/2") BL	21	133	0.16	0.16	
3	**TEE**	TEE LISA PVC PRES 50MM (2") BL	16	107	0.15	0.15	
4	**TEE**	TEE LISA PVC PRES 80MM (3") BL	3	67	0.04	0.04	
5	**CODO**	CODO LISO PVC PRES 25MM (1") X 90 BL	39	250	0.16	0.16	
6	**REDUCCIÓN**	REDUCCIÓN LISA PVC PRES 40MM (1 1/2")X25MM(1") BL	21	100	0.21	0.21	
7	**REDUCCIÓN**	REDUCCIÓN LISA PVC PRES 50MM (2")X25MM(1") BL	18	80	0.23	0.23	
8	**REDUCCIÓN**	REDUCCIÓN LISA PVC PRES 50MM (2")X40MM(1 1/2") BL	8	80	0.10	0.10	
9	**REDUCCIÓN**	REDUCCIÓN LISA PVC PRES 80MM (3")X50MM(2") BL	8	50	0.16	0.16	
10	**ADAPTADOR**	ADAPTADOR MACHO 50MM (1") BL	100	250	0.40	0.40	
11	**REDUCCIÓN**	REDUCCIÓN COPA GAL CED 40 25MM (1") X 3/4"	100	250	0.40	0.40	
		ACCESORIOS DE RIEGO					
1	**VÁLVULA**	VALVULA DE BOLA DE PVC (3")	1	67	0.01	0.01	0.15
2	**BRIDA**	FLANGE PVC DE 3" SCH 80	4	67	0.06	0.06	
3	**TEE**	TE LISA PVC PRES 80MM (3") BL	1	67	0.01	0.01	
4	**REDUCTOR**	RED LI PVC PRES 80MM (3")X50MM(1") BL	2	67	0.03	0.03	

5	**ADAPTADOR**	ADAP HEMBRA 25MM (1") BL	2	333	0.01	0.01	
6	**TEE**	TE LISA PVC PRES 25MM (1") BL	1	333	0.00	0.00	
7	**CODO**	CODO LISO PVC PRES 25MM (1") X 90 BL	1	111	0.01	0.01	
8	**REDUCTOR**	RED LI PVC PRES 25MM(1")X(3/4") BL	1	111	0.01	0.01	
		ACCESORIOS PARA CABALLETE					
1	**TUBERIA**	TUBO PVC 100MM(3")X6M SDR26 CC GR	3	100	0.03	0.03	
2	**CODO**	CODO LISO PVC PRES 80MM (3") X 90 BL	7	44.66	0.16	0.16	
3	**TEE**	TE LISA PVC PRES 80MM (3") BL	8	67	0.12	0.12	
4	**REDUCCION**	RED LI PVC PRES 80MM(3")X50MM(2") BL	8	44.66	0.18	0.18	1.06
5	**ADAPTADOR**	ADAP MACHO 80MM(3") BL	8	22.33	0.36	0.36	
6	**ADAPTADOR**	ADAP HEMBRA 50MM(1") BL	4	111	0.04	0.04	
7	**REDUCCION**	RED LI PVC PRES 80MM(3")X25MM(1") BL	4	22.33	0.18	0.18	
		LAVADO					
1	**TUBERIA**	TUBO PVC 50MM(1 1/2")X6M SDR41 CC GR	3	200	0.02	0.02	
2	**CODO**	CODO LISO PVC PRES 40MM (1 1/2") X 90 BL	8	88.66	0.09	0.09	0.29
3	**ADAPTADOR**	ADAP MACHO 40MM(1 1/2") BL	8	44.33	0.18	0.18	
						TOTAL GAL	**4.38**
						REDONDEADO	**5.00**

Nota: *Elaboración propia creada desde Excel, (2026).*

Anexo 27: Cotización de materiales

SERVITEC

RUC 0010202930034R



VENTA, INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE RIEGO Y ACUEDUCTOS
CORREO: solorzanowalter14@gmail.com

CELULAR: 75102888

CLIENTE: YAIR ESTRADA/GABRIELA REYES RUC:
PROYECTO: SAN RAFAEL DEL SUR FECHA: 27/05/26

ITEM	CANT.	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN	P/U	PRECIO C$
TUBERIAS PRINCIPAL Y SECUNDARIA					
1	288	**UN**	PVC 25MM(1")X6M SDR26 CC GR	C$213.00	C$61,344.00
2	37	**UN**	TUBO PVC 50MM(1 1/2")X6M SDR41 CC GR	C$230.00	C$8,510.00
3	16	**UN**	TUBO PVC 50MM(2")X6M SDR41 CC GR	C$290.00	C$4,640.00
4	55	**UN**	TUBO PVC 100MM(3")X6M SDR41 CC GR	C$864.00	C$47,520.00
ACCESORIOS PVC DISTRIBUCIÓN					
1	61	**UN**	TEE LISA PVC PRES 25MM (1") BL	C$25.00	C$1,525.00
2	21	**UN**	TEE LISA PVC PRES 40MM (1 1/2") BL	C$56.00	C$1,176.00
3	16	**UN**	TEE LISA PVC PRES 50MM (2") BL	C$50.00	C$800.00
4	3	**UN**	TEE LISA PVC PRES 80MM (3") BL	C$5.00	C$15.00
5	39	**UN**	CODO LISO PVC PRES 25MM (1") X 90 BL	C$15.00	C$585.00
6	21	**UN**	REDUCCIÓN LISA PVC PRES 40MM(1 1/2")X25MM(1") BL	C$30.00	C$630.00
7	18	**UN**	REDUCCIÓN LISA PVC PRES 50MM(2")X25MM(1") BL	C$35.00	C$630.00
8	8	**UN**	REDUCCIÓN LISA PVC PRES 50MM(2")X40MM(1 1/2") BL	C$35.00	C$280.00
9	8	**UN**	REDUCCIÓN LISA PVC PRES 80MM(3")X50MM(2") BL	C$43.00	C$344.00
10	100	**UN**	ADAPTADOR MACHO 50MM(1") BL	C$20.00	C$2,000.00
11	100	**UN**	REDUCCIÓN COPA GAL CED 40 25MM(1") X 3/4"	C$15.00	C$1,500.00
ACCESORIOS DE RIEGO					
1	1	**UN**	CAUDALIMETRO DE 3" TANGENCIAL	C$12,350.00	C$12,350.00
2	2	**UN**	VALVULA DE AIRE TRIPLE EFECTO 1"	C$2,035.00	C$4,070.00
3	1	**UN**	VALVULA DE BOLA DE PVC (3")	C$850.00	C$850.00
4	100	**UN**	NAANDANJAIN 5035 SD (3/4")	C$203.40	C$20,340.00
5	1	**UN**	CHECK DOBLE DISCO TIPO WAFFER GENEBRE (3")	C$2,220.00	C$2,220.00
6	4	**UN**	FLANGE PVC DE 3" SCH 80	C$350.00	C$1,400.00
7	1	**UN**	KIT DE PERNOS 5/8''X 6 PULG	C$340.00	C$340.00
8	1	**UN**	KIT DE PERNOS 5/8X3 1/2'	C$300.00	C$300.00
9	1	**UN**	TE LISA PVC PRES 80MM (3") BL	C$170.00	C$170.00
10	2	**UN**	RED LI PVC PRES 80MM(3")X50MM(1") BL	C$75.00	C$150.00

11	2	**UN**	ADAP HEMBRA 25MM(1") BL	C$15.00	C$30.00
12	1	**UN**	TE LISA PVC PRES 25MM (1") BL	C$15.00	C$15.00
13	1	**UN**	CODO LISO PVC PRES 25MM (1") X 90 BL	C$15.00	C$15.00
14	1	**UN**	MANOMETRO DE GLICERINA	C$555.00	C$555.00
15	1	**UN**	RED LI PVC PRES 25MM(1")X(3/4") BL	C$25.00	C$25.00
.CCESORIOS PARA CABALLETE					
1	4	**UN**	VALVULA HIDRÁULICA RAPHAEL (3")	C$8,140.00	C$32,560.00
2	4	**UN**	VALVULA DE AIRE DOBLE EFECTO (1")	C$1,295.00	C$5,180.00
3	3	**UN**	TUBO PVC 100MM(3")X6M SDR26 CC GR	C$1,070.00	C$3,210.00
4	7	**UN**	CODO LISO PVC PRES 80MM (3") X 90 BL	C$170.00	C$1,190.00
5	8	**UN**	TE LISA PVC PRES 80MM (3") BL	C$170.00	C$1,360.00
6	8	**UN**	RED LI PVC PRES 80MM(3")X50MM(1") BL	C$65.00	C$520.00
7	8	**UN**	ADAP MACHO 80MM(3") BL	C$90.00	C$720.00
8	4	**UN**	ADAP HEMBRA 50MM(1") BL	C$15.00	C$60.00
9	4	**UN**	RED LI PVC PRES 80MM(3")X25MM(1") BL	C$25.00	C$100.00
LAVADO					
1	3	**UN**	TUBO PVC 50MM(1 1/2")X6M SDR41 CC GR	C$230.00	C$690.00
2	8	**UN**	CODO LISO PVC PRES 40MM (1 1/2") X 90 BL	C$50.00	C$400.00
3	8	**UN**	ADAP MACHO 40MM(1 1/2") BL	C$35.00	C$280.00
4	8	**UN**	TAPON HEMBRA ROSCADO 40MM(1 1/2") BL	C$35.00	C$280.00
BOMBA					
1	1	**UN**	BARNES GASOLINA QG 3 150 HF	C$59,200.00	C$59,200.00
2	1	**UN**	ACOPLE RAPIDO MACHO AL 3"	C$1,295.00	C$1,295.00
3	1	**UN**	MANGUERA DE SUCCION CORRUGADA PVC DE 4" X 6 M	C$5,000.00	C$5,000.00
4	1	**UN**	ACOPLE RAPIDO MACHO AL 4"	C$1,295.00	C$1,295.00
5	1	**UN**	MANGUERA DE DESCARGA DE 3" X 1M	C$500.00	C$500.00
6	1	**UN**	VALVULA CHECK PASCOS DE 4"	C$1,800.00	C$1,800.00
7	6	**UN**	BRIDA METALICA 4"	C$250.00	C$1,500.00
MISCELANIO					
1	2	**GL**	GL ACETONA	C$670.00	C$1,340.00
2	1	**UN**	SACO ILASA	C$500.00	C$500.00
3	10	**UN**	TEFLON GENEBRA 19MMX0.1MMX50M	C$120.00	C$1,200.00
4	2	**UN**	TUBO DE SILICON	C$320.00	C$640.00
5	5	**GL**	PEGAMENTO PVC DURMAN GRIS	C$2,100.00	C$10,500.00
				TOTAL	C$305,649.00

NOTAS

1- **TIEMPO DE ENTREGA: 20 DIAS HABILES**
2- **OBSERVACIONES: SUS BODEGAS**
3- **VALIDEZ DE LA OFERTA: 30 DIAS**
4- **FORMA DE PAGO: EFECTIVO O TRANSFERENCIA**

_____

Ing. Walter Solórzano Guerrero

ANEXO

PLANOS