



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR CAÑONES PARA EL CULTIVO DE PASTO MARALFALFA EN LA FINCA EL BRASIL BLANCO, MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LIBRE, DEPARTAMENTO DE MANAGUA.

Para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Br. Nelson Rafael Chávez Solís

Br. José Santos Hernández Linarte

Br. Billy Joe Pérez Aguilar

Tutor

MSc. Ing. José Mamerto Méndez Úbeda

Asesor

MSc. Leoncio Vanegas Carrero

Managua, Nicaragua

Noviembre 2018

DEDICATORIA

A Dios nuestro creador:

Por ser nuestra fortaleza, nuestra guía y nuestro dotador de salud, amor y sabiduría.

A nuestras familias

Por brindarnos todo su amor, apoyo, comprensión y por ser responsables de toda nuestra formación y nuestros logros, gracias son lo más importante en nuestras vidas.

Br. Nelson Rafael Chávez Solís

Br. José Santos Hernández Linarte

Br. Billy Joe Pérez Aguilar

AGRADECIMIENTOS

A Dios: por todas las bendiciones que me ha dado.

A mis padres: Martha Solís Delgadillo y Enrique Chávez Talavera

Porque gracias a sus grandes esfuerzos y sacrificios pude ingresar a la universidad y culminar mis estudios, apoyándome incondicionalmente y brindándome consejos en todos los momentos y porque son mi fuente de inspiración.

A mis Abuelas: Silvia Petronila Delgadillo y María Concepción Talavera Castilla

Por toda la ayuda que me brindaron durante mi formación universitaria por motivarme y creando en mi un espíritu de superación.

A mi esposa Tania Vanesa Narváez Martínez:

Por la confianza y apoyo incondicional en los momentos que más necesite motivación para llevar a cabo este logro.

Al Ing. José Méndez Úbeda:

Por la tutoría de nuestro trabajo, aportando sus recomendaciones e indicaciones pertinentes en la realización del mismo.

Al MSc. Ing. Leoncio Vanegas:

Por la asesoría y facilitarnos el área de estudio, para llevar a cabo en nuestro proyecto.

Br. Nelson Rafael Chávez Solís

AGRADECIMIENTOS

A Dios: por todas las bendiciones que me ha dado.

A mi madre: María Del Carmen Linarte Vallejos

Porque gracias a sus grandes esfuerzos, sacrificios y por las llamadas de atención que me impulsaron a terminar mi carrera.

A mis tíos y tías: Luis Saavedra Berrios, Denis Cruz, María Cecilia Vallejos, Irene Hernández y Lorena Baltodano

Por toda la ayuda que me brindaron durante mi formación universitaria por motivarme y creando en mí un espíritu de superación.

A mi hermana y novia: Ana Gabriela Hernández Linarte, Marybeth Sequeira Tablada

Por su apoyo y confianza en mí que lograría el fin.

Al MSc. Ing. José Méndez Úbeda:

Por la tutoría de nuestro trabajo, aportando sus recomendaciones e indicaciones pertinentes en la realización del mismo.

Al MSc. Ing. Leoncio Vanegas:

Por la asesoría y facilitarnos el área de estudio, para llevar a cabo en nuestro proyecto.

Br. José Santos Hernández Linarte

AGRADECIMIENTOS

A Dios: por todas las bendiciones que me ha dado.

A mis padres: Celia Aguilar Chevez y Concepción Pérez Humanzor.

Porque gracias a sus grandes esfuerzos y sacrificios pude ingresar a la universidad y culminar mis estudios, apoyándome incondicionalmente y brindándome consejos en todos los momentos y porque son mi fuente de inspiración para lograr mejores existo en mi vida.

A mis Hermanos: Heydi Celia Perez Aguilar, Marlon Yelsin Perez Aguilar y Acxel Uriel Perez Aguilar.

Por toda la ayuda que me brindaron durante mi formación universitaria por motivarme y creando en mi un espíritu de superación.

Al Ing. José Méndez Úbeda:

Por la tutoría de nuestro trabajo, aportando sus recomendaciones e indicaciones pertinentes en la realización del mismo.

Al MSc. Ing. Leoncio Vanegas:

Por la asesoría y facilitarnos el área de estudio, para llevar a cabo en nuestro proyecto.

Br. Billy Joe Pérez Aguilar.

RESUMEN

En el siguiente trabajo se presentan los resultados del diseño agronómico, hidráulico y geométrico de un sistema de riego por aspersión por cañones en el cultivo de pasto Maralfalfa; considerando también, los costos de producción del cultivo al implementarle este método de riego, con el propósito de mejorar los rendimientos en la ganadería ya establecida en la finca El Brasil Blanco.

El diseño fue proyectado para un área de 3 Ha en la finca El Brasil Blanco, ubicada en el municipio de San Francisco Libre, departamento de Managua, cuyas condiciones son aptas para el desarrollo del pasto Maralfalfa, atendiendo a la necesidad del ganadero de tecnificar su producción.

La metodología utilizada para cumplir con lo antes descrito consistió en realizar las siguientes actividades en campo: el levantamiento topográfico del área en estudio, la investigación de las condiciones edafoclimáticas de la zona y toma de muestras de suelo para su análisis en laboratorio; con los que, a partir de los datos obtenidos, se llevó a cabo su respectivo procesamiento y análisis para la realización del diseño de riego.

En el diseño agronómico se lograron determinar los parámetros de riego referentes al modo, ocasión y cantidad de agua a aplicar; a través de un sistema de riego por aspersión por cañones, se determinó que la máxima demanda hídrica del cultivo de 9.37 mm/día, se satisface en un tiempo de riego de 2.6 hrs y una frecuencia de riego de 6 días. Con el diseño hidráulico del sistema, se obtuvo la información necesaria para dimensionar la red de tuberías y cumplir lo establecido en el diseño agronómico, de tal manera que se determinaron las presiones y caudales de trabajo, las pérdidas de carga y otras variables; concluyendo que para el funcionamiento del sistema la presión de trabajo es 35.63 m, requiriendo así una potencia de 3 HP en el equipo bombeo.

Después de cumplido lo antes mencionado se finalizó este trabajo con una evaluación económica para determinar la rentabilidad del proyecto.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	2
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. OBJETIVOS	4
4.1. OBJETIVO GENERAL	4
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
5. MARCO TEÓRICO.....	5
5.1. RIEGO POR ASPERSIÓN	5
5.1.1. Partes de un sistema de riego por aspersión	5
5.1.2. Ventajas del riego por aspersión	7
5.1.3. Desventajas del riego por aspersión	8
5.1.4. Cañones de riego por aspersión	8
5.1.5. Diseño de sistema de riego de aspersión por cañón	13
5.2. SUELO.....	29
5.2.1. Propiedades físicas de los suelos.....	29
5.2.2. Propiedades químicas de los suelos.....	30
5.3. PASTO MARALFALFA (PENNISETUM SP)	32
5.3.1. Origen.....	32
5.3.2. Clasificación taxonómica	33
5.3.3. Morfología	33
5.3.4. Características del Pasto Maralfalfa (<i>Pennisetum sp</i>).....	35
5.3.5. Valor nutricional.....	36
5.3.6. Rendimiento	36
5.3.7. Adaptación	36
5.3.8. Establecimiento del Pasto.....	36
5.3.9. Fertilización	37
5.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO	38
5.4.1. Valor presente neto (VPN).....	38
5.4.2. Tasa interna de rendimiento (TIR)	39
6. METODOLOGÍA.....	40
6.1. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN	40
6.1.1. Macro localización	40

6.1.2.	Micro localización	41
6.1.3.	Descripción de las Condiciones Climáticas.....	41
6.1.4.	Levantamiento Topográfico del Área de Riego	41
6.2.	ESTUDIO DEL SUELO	42
6.2.1.	Muestro de Suelo (Método de Muestreo de suelo al azar)	42
6.2.2.	Determinación de la Velocidad de Infiltración	42
6.3.	DISEÑO AGRONÓMICO	43
6.3.1.	Cálculo de Evapotranspiración del Cultivo.....	43
6.3.2.	Cálculo de Norma Neta	43
6.3.3.	Cálculo de Norma Bruta	43
6.3.4.	Cálculo de Necesidades Bruta de Cultivo	43
6.4.	DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO.....	44
6.4.1.	Características hidráulicas de los aspersores	44
6.4.2.	Diseño de la tubería lateral	47
6.4.3.	Diseño de la tubería maestra.....	49
6.4.4.	Pérdidas totales.....	51
6.4.5.	Carga dinámica total.....	52
6.5.	DISEÑO GEOMETRICO	53
6.6.	ESTIMACION DE COSTOS PARA EL PROYECTO	54
6.6.1.	Costos de inversión	54
6.6.2.	Costos operativos.....	54
6.7	EVALUACION ECONOMICA	55
7.	ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	56
7.1	ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DEL SUELO.....	56
7.1.1.	Resultados de análisis físico del suelo	56
7.1.2.	Resultados de análisis químico del suelo	59
7.1.3.	Determinación del contenido nutricional del suelo	62
7.2	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE VELOCIDAD DE INFILTRACION ..	66
7.3	RESULTADOS DEL DISEÑO AGRONOMICO	69
7.3.1	Datos procesados en Cropwat para la Evapotranspiración de referencia	69
7.3.2	Estimación de la Evapotranspiración del cultivo (ETc).....	70
7.3.3	Necesidades hídricas del cultivo.....	71

7.4	DISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR CAÑONES.....	72
7.4.1	Equipo de bombeo	76
7.5	DISEÑO GEOMÉTRICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN DE CAÑONES	77
7.6	COSTOS DE EQUIPAMIENTO Y MATERIALES DEL SISTEMA DE RIEGO	78
7.7	COSTOS DE PRODUCCION.....	80
7.8	RESULTADOS DE LOS INGRESOS POR PRODUCCION DE PASTO MARALFALFA Y RENDIMIENTOS POR ENGORDE DE GANADO	83
7.9	EVALUACIÓN ECONÓMICA POR EL MÉTODO DEL VALOR PRESENTE NETO (VPN).....	86
8.	CONCLUSIONES.....	87
9.	RECOMENDACIONES.....	88
	BIBLIOGRAFÍA.....	89
ANEXOS.....		i
ANEXO 1. DISEÑO AGRONÓMICO.....		i
ANEXO 2. DISEÑO HIDRÁULICO.....		iii
ANEXO 3. PLANO		vii
3.1 PLANO TOPOGRAFICO		vii
3.2 DISEÑO GEOMÉTRICO		viii
3.3 DETALLES DE INSTALACION DE TUBERIAS Y EQUIPO DE BOMBEO		ix
ANEXO 4. COSTOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.....		x
ANEXO 5. RENDIMIENTO DE PASTO POR CORTE.....		xi
ANEXO 6. PRUEBA DE VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN		xii
ANEXO 7. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL SUELO.		xvi
ANEXO 8. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA.		xix
ANEXO 9. IMÁGENES		xx
ANEXOS 10. PROFORMAS PARA EL SISTEMA DE RIEGO		xxiii

1. INTRODUCCIÓN

Las principales actividades productivas y económicas en Nicaragua son la ganadería y agricultura. Estas son ejercidas fielmente y con mucho sacrificio por pequeños y medianos productores, que mediante el trabajo que realizan aportan a la generación y producción nacional de alimentos para el beneficio tanto humano como animal.

Este documento plantea realizar un diseño de sistema de riego por cañones en el pasto Maralfalfa, en la finca El Brasil Blanco ubicada en el municipio de San Francisco Libre, Departamento de Managua.

Esta unidad de producción “El Brasil Blanco” posee un área de 3 hectáreas que se encuentra establecida por el cultivo de Maralfalfa. Este diseño se encargará de implementar un sistema de riego que se adecue a los requerimientos edafoclimáticos, de suelo e hídricos de estos cultivos para así poder atribuir a su buen desarrollo.

Dentro de los parámetros establecidos en el diseño de riego se contempla la metodología de Penman Monteth, esta es útil para lograr obtener el dato ideal para la evapotranspiración de los cultivos, la metodología del proceso de muestreo suelo para obtener los valores de las propiedades químicas y físicas, la metodología de Cilindros Infiltrómetros, para obtener la velocidad de infiltración del suelo, entre otros que se detallarán en el marco teórico.

2. ANTECEDENTES

En la agricultura de Nicaragua la implementación del riego tecnificado como los sistemas de riego por cañón se tiene como conocimiento muy poco, y que fueron introducidos principalmente por los ingenios del país en la década de los 80's, limitándose solo en el cultivo de la caña de azúcar para la industria azucarera nacional. En el ingenio victoria 19 de julio en 1998, la ing. Antonia Villalobos cruz realizo el diseño y la evaluación del sistema de riego de alta presión para el lote N° 80 del ingenio. Por otro lado, en el ingenio Monte Rosa 400 ha se irrigan bajo sistema de riego por cañones (Montealegre, 2009).

La agricultura moderna demanda de sistemas de riego para producir en época seca, para mejorar la calidad y la cantidad de las cosechas, en los últimos años instituciones como la universidad nacional de ingeniería en el año 2013 se realizó un estudio para el diseño e instalación de un sistema de riego por aspersión para fines prácticos en la finca experimental agrícola FTC (Kerr & Centeno, 2012).

En la finca el Brasil actualmente se encuentra establecido el cultivo de pasto como alimento para ganado se aplica el riego tradicional y convencional su fuente de abastecimiento es de un rio, también cuenta con un pozo artesanal no posee un sistema de riego.

El establecimiento de un sistema de riego por cañón proyectado contribuirá a la obtención de altos rendimientos en el cultivo de pasto de manera oportuna y servirá de iniciativa en la difusión del uso de riego tecnificado como una estrategia económica para la producción ganadera y desarrollo agrícola en esta zona.

3. JUSTIFICACIÓN

La problemática del cambio climático ha generado severos efectos en el rubro de la agricultura. Las sequías prolongadas han sido un factor inherente en las pérdidas de producción agrícola para los pequeños y medianos productores del país durante los ciclos de siembras. Esto conlleva a la búsqueda de alternativas idóneas que faciliten al productor enfrentar esta problemática, tal es la opción de la implementación del sistema de riego con cañones que permiten distribuir el agua en forma de lluvia en grandes áreas, para así, mitigar las pérdidas y contra restar los efectos del cambio climático, considerando el uso moderado de la fuente hídrica para no agotar los recursos, lo que es parte fundamental del análisis en estos tipos de sistemas de riegos (Pereira, Valero, Picornell, & Tarjuelo, 2010).

Como una alternativa de ahorro para el productor el sistema de riego por cañones emplea aspersores diseñados para economizar la mano de obra y optimizar el consumo de agua. Cada aspersor cubre grandes áreas y son utilizados para regar cultivos de altura considerables (Pereira, Valero, Picornell, & Tarjuelo, 2010).

Actualmente la actividad ganadera es el principal rubro de exportación en Nicaragua, ya que, en el año 2011, se exportaron 632 millones de dólares de los cuales, 432 millones de dólares correspondieron a las exportaciones de carne de bovino. Es por esto que se debe de considerar la calidad de este tipo de carne mediante la forma de alimentación del ganado, para que permita obtener un producto apto para el consumo inocuo nacional e internacional. El cultivo de Maralfalfa posee características importantes para el buen desarrollo animal, debido al alto contenido de proteínas que posee este cultivo (La Prensa, 2012).

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un sistema de riego por cañones para suministrar una lámina de riego en el pasto mejorado Maralfalfa (*Pennisetum sp*) en la finca El Brasil Blanco, municipio de San Francisco Libre, departamento de Managua.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades hidrofísicas y químicas del suelo del área de estudio, a través de un muestreo en campo y análisis en laboratorio.
- Realizar el diseño agronómico, hidráulico y geométrico del sistema de riego por cañón, considerando los parámetros de topografía, cultivo y condiciones edafoclimáticas del área de estudio.
- Determinar la rentabilidad de la implementación del sistema de riego por cañones para el cultivo de pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*) en la finca El Brasil Blanco, a través del análisis económico del proyecto de inversión.

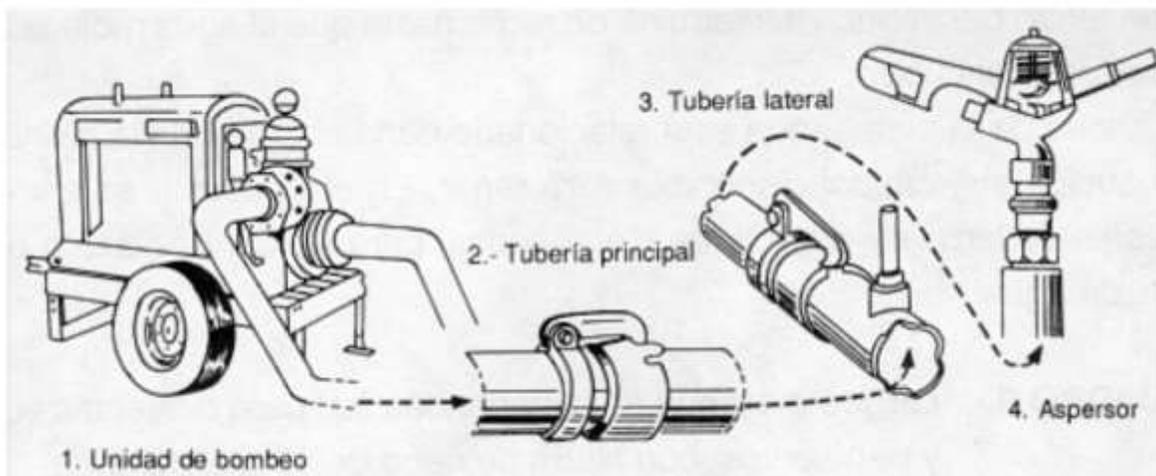
5. MARCO TEÓRICO

5.1. RIEGO POR ASPERSIÓN

El riego por aspersión es un método de riego mecanizado o presurizado, ya que necesita de mecanismos que generan presión para mover el agua. Con este método de riego no es necesario nivelar el suelo, y se puede regar un potrero recién sembrado sin causar problemas de erosión o de corrimiento de las semillas, si se usa la presión y el aspersor adecuado (Cisneros, 2003).

5.1.1. Partes de un sistema de riego por aspersión

Figura 1. Partes del equipo de un Sistema de Riego por Aspersión.



Fuente: (Cisneros, 2003)

✓ La bomba

Las bombas se pueden emplear para equipos de riego por aspersión o para elevar agua y regar por métodos gravitacionales. Para elegir el modelo adecuado se debe tener en cuenta (Cisneros, 2003):

- La cantidad de agua que se necesita aplicar o elevar.
- La presión total de la bomba, que es la suma de:
 - 1) La altura entre el nivel del agua y la bomba (altura de succión).

- 2) La altura entre el nivel de la bomba y el nivel de los aspersores o descarga de la bomba.
- 3) Las pérdidas que se producen en las tuberías y accesorios.
- 4) La presión que necesitan los aspersores.
- 5) El diámetro de entrada y salida de la bomba.
- 6) El tipo de energía disponible, ya que hay bombas con motor eléctrico, con motor de gasolina o diésel y bombas movidas con el eje toma de fuerza de un tractor.

✓ **Las tuberías**

Se debe elegir adecuadamente el diámetro de las tuberías. A mayor diámetro el costo es mayor, sin embargo, se necesitan bombas de menor potencia que son más baratas y gastan menos combustible. Las tuberías de menor diámetro son más baratas, pero oponen más resistencia al paso del agua por lo que necesita una bomba de mayor tamaño (Cisneros, 2003).

Para determinar el diámetro de la tubería a usar se debe considerar el costo de las tuberías, valor de la bomba y gastos de combustible, además el caudal de agua a aplicar. Generalmente tuberías móviles son de aluminio o PVC, con diámetros entre 2,5" a 4" con acople rápido y un largo de 6 metros.

✓ **Aspersores**

Existe una gran variedad de aspersores que varían en la presión que necesitan y la cantidad de agua que pueden tirar, es decir, el diámetro que pueden regar en una posición.

✓ **Accesorios y conexiones**

Se necesita una serie de accesorios y conexiones como ser válvulas de pie o sapo, uniones y reducciones, los que se deben especificar con el equipo completo (Cisneros, 2003).

5.1.2. Ventajas del riego por aspersión

- Se pueden aplicar gastos pequeños o grandes.
- Se puede regar en terrenos muy permeables (más de 30 mm/h) o muy impermeables, e incluso a terrenos con características heterogéneas.
- No necesita de nivelación, adaptándose a topografías onduladas. Esto permite conservar la fertilidad natural del suelo.
- Se adapta a la rotación de cultivos y a los riegos de auxilio. En la rotación de cultivos es posible si el dimensionamiento se realiza para el cultivo más exigente, ya que la cantidad de agua a aplicar solo es función del tiempo por postura una vez dimensionada la instalación. Por los riegos de auxilio se emplean los móviles o semifijos.
- Dosifica de forma rigurosa los riegos ligeros, esto para el ahorro de agua, se recomienda de riegos inferiores de 40 mm. En este caso los semifijos requieren mucha más mano de obra.
- Pueden conseguirse altos grados de automatización.
- En algunos casos permite la aplicación de fertilizantes y tratamientos fitosanitarios.
- Se puede aumentar la superficie de riego, evitando la construcción de canales.

5.1.3. Desventajas del riego por aspersión

- El posible efecto de la aspersión sobre plagas y enfermedades.
- Puede originar problemas de sanidad en la parte aérea del cultivo cuando se usan aguas salinas.
- Mala uniformidad en riego por acción y efecto del viento.
- Altas inversiones iniciales, elevados costos de mantenimiento y funcionamiento.
- Necesidad de una adecuada calidad de agua utilizada.
- Gastan más energía, con lo cual se incrementan los costos.

5.1.4. Cañones de riego por aspersión

Se denominan cañones a los grandes aspersores rotativos que funcionan con alta, o muy alta presión, para regar grandes superficies. El termino cañón es debido al gran tamaño del aspersor y a su capacidad de distribuir grandes cantidades de agua, con gran alcance, cubriendo áreas extensas (Pereira *et al.*, 2010).

Los cañones pueden ser utilizados de modos semejantes a los otros aspersores en los sistemas de aspersión estacionarios, semi-estacionarios o de cobertura total, aunque su uso más común es móvil o de desplazamiento continuo. Su uso ha sido generalizado por su bajo costo relativo y a su reducida mano de obra. No obstante, el elevado consumo de energía tiende a elevar costos de operación, excepto los que trabajan a baja presión (entre 2 y 3 bar) (Pereira *et al.*, 2010).

✓ Características principales de los cañones de riegos

- Riegan un sector circular (que se va desplazando).
- Son grandes aspersores, de construcción robusta, para soportar el caudal y la presión.

- Son muy adecuados en climas húmedos o semi-húmedos, para dar riegos de apoyo.
- Se montan sobre carros o patines adaptables a distintas alturas y anchuras (según necesite el cultivo) y se desplazan mientras riegan.
- Pueden regar bandas de hasta 500 m de largo. Si la anchura son 100 m, por ejemplo, riegan 5 Has por postura.
- Pueden ser de brazo oscilante o de turbina.

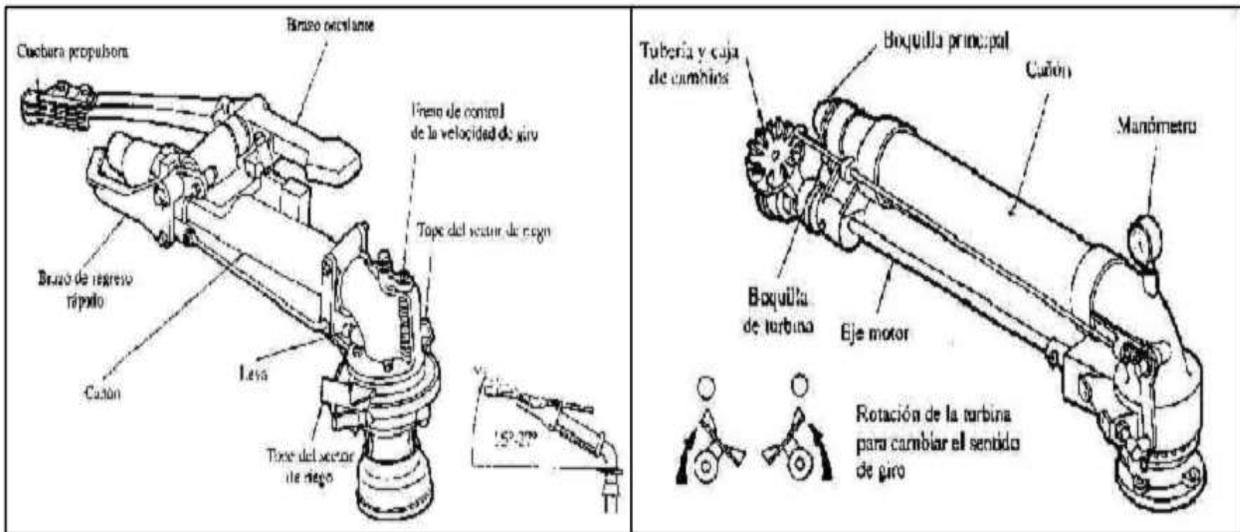
De brazo oscilante:

- tardan 2 a 5 minutos por revolución.
- Regresan rápidamente a su posición inicial. Algunos giran a igual velocidad en ambos sentidos, utilizando dos brazos alternativos

De turbina:

- El chorro principal (o uno secundario) inciden en una pequeña turbina que transmite su giro al aspersor por medio de un mecanismo de cremallera y piñón. La reversibilidad del giro se produce porque se hace oscilar la turbina y el chorro incide originando el giro en sentido contrario.
- Se emplean cada vez menos.

Figura 2. Cañón de brazo Oscilante y de Turbina.



Fuente: (Velazquez, 2012).

✓ Mecanismo y funcionamiento del cañón de aspersión

El cañón de riego por aspersión está formado por varios mecanismos tanto de funcionamientos como de regulación (Favian, A & Byron, P, 2006).

Los cañones funcionan normalmente de 400 a 800 kPa, con caudales que varían entre los 30 y los 200 m³/h. recientemente están apareciendo cañones pequeños que trabajan entre los 200 y 300 kPa, con un caudal de descarga entre 3 y 25 m³/h y alcances, entre 15 y 30 m. Pueden regar superficies superiores a 100 m de ancho por 400 de largo (4 ha) en cada sector (Pereira *et al.*, 2010).

Un cañón de riego principalmente consta de un codo, el cual tiene un ángulo entre 15° y 27° con respecto a la horizontal. Este ángulo permite obtener condiciones con la que se debe alcanzar la distancia o radio deseado (Favian, A & Byron, P, 2006).

A continuación del codo esta un tubo con aletas directrices interiores, estas aletas permiten direccionar de mejor manera el flujo de agua, ya que a la salida del codo la corriente es caótica y produce remolinos (Favian, A & Byron, P, 2006).

Seguidamente viene una tobera que tiene que estar sujeta mecánicamente al tubo con la consideración de que sea desmontable para futuros reemplazos. Esta pieza

permite aumentar la velocidad del flujo debido a la disminución del diámetro interno (Favian, A & Byron, P, 2006).

Al final de la tobera está la boquilla, que también tiene que ser reemplazable. La boquilla es una reducción brusca del diámetro interior de uno de los extremos de la tobera. Esta reducción ayuda a obtener mayor velocidad con la cual se alcanza la distancia radial que permite regar una circunferencia de suelo (Favian, A & Byron, P, 2006).

El chorro de agua que sale de la boquilla impacta sobre un alabe que permite la dispersión del agua. Este alabe tiene inclinaciones en dos planos para aprovechar las fuerzas en tres dimensiones provocadas por el contacto del chorro de agua. Una de las tres fuerzas genera un momento torzor en la base del cañón; la segunda fuerza permite el giro del cañón y la tercera hace que el brazo que sostiene al alabe salga del chorro del agua, provocando un movimiento oscilatorio del brazo que a su vez gira sobre rodamientos montados en un eje el mismo que está sobre el tubo de direccionamiento del flujo de agua (Favian, A & Byron, P, 2006).

Al otro extremo del codo se encuentra un sistema de giro con rodamiento, que permite que el cañón gire sobre su base 360°. Este sistema además posee un mecanismo de frenado para regular la resistencia al giro, que en determinada situación permitirá regar un espacio determinado de suelo más, o menos rápido en velocidad angular (Favian, A & Byron, P, 2006).

✓ **Mecanismo de propulsión en cañones móviles**

Los cañones de riego pueden moverse propulsado por un motor de expulsión o por la toma de fuerza de tracción, pero lo más frecuente es que lleven un motor hidráulico accionado por la propia corriente de agua, existiendo dos variantes de pistón o fuelle y de turbina (Velazquez, 2012).

✓ **Mecanismo de fuelle hidráulico**

El fuelle se expande por acción de la presión del agua en su interior y se contrae por la acción de un muelle exterior que lo comprime al conectar la cámara interna con la atmosfera. El movimiento alternativo origina el giro del tambor a través de un mecanismo de trinquete. El fuelle consume una pequeña parte del agua de riego, pero no introduce ninguna pérdida de carga o disminución de presión en el flujo principal (Velazquez, 2012).

✓ **Mecanismo de turbina**

Son los mecanismos más frecuentes en los carretes. Estos no consumen agua, pero producen una pérdida de carga en el flujo principal de 5 a 10 m. La turbina es alimentada por una parte de caudal o por todo el mecanismo de propulsión y transmite el giro al tambor de enrollamiento a través de una caja de engranajes o un sistema de poleas (Velazquez, 2012).

✓ **Características de las Boquillas**

A los cañones de riego se pueden acoplar boquillas cónicas o de anillas.

a) Boquillas cónicas:

Provocan un estrechamiento en el chorro antes de su salida por las mismas, lo que hace que el chorro de agua sea más compacto y resistente a los efectos del viento, al producirse una mayor proporción de gotas grandes, además de un alcance mayor (5%) frente a las boquillas de anillas (Pereira *et al.*, 2010).

Debido a que los cañones trabajan con presiones elevadas, es importante que el chorro de agua salga de la boquilla sin grandes perturbaciones, dado que cualquier turbulencia reducirá el alcance del aspersor. De ahí, el uso de boquillas cónicas y alargadas que estrechan la salida del chorro y suprimen la turbulencia (Pereira *et al.*, 2010).

b) Boquillas de Anillas:

Producen una mayor distorsión del chorro, rompiéndose antes en gotas y disminuyendo su alcance, no obstante, tienen la ventaja de una buena rotura de chorro a baja presión, aspecto importante al considerarse para cultivos y suelos frágiles, aparte de resultar más baratos. Los diámetros típicos de las boquillas varían entre 15 y 50 mm, los de baja presión están entre 4 y 15 mm (Pereira, Valero, Picornell, & Tarjuelo, 2010).

Los caudales y los diámetros mojados que corresponden a los diámetros de boquillas más comunes se muestran en la tabla.

5.1.5. Diseño de sistema de riego de aspersión por cañón

Una definición muy acertada de los sistemas de riego es la que dan los rusos Aidarov, Golovanov y Mamaév (1985): el sistema de riego es el conjunto de instalaciones técnicas que garantizan la organización y realización del mejoramiento de tierras mediante el riego (Cisneros, 2003).

Un sistema de riego de alta presión se diseña de la misma manera que un sistema de riego por aspersión normal, con la diferencia que está dotado por aspersores de alta presión y el cálculo se hace como servicio en extremidad.

El proceso de diseño de una instalación de riego por aspersión comienza reuniendo información de tipo agronómico acerca del tipo de suelo y sus propiedades físicas, cantidad y calidad de agua, clima y cultivos, así como sobre la topografía y dimensiones de la zona a regar (Fernández *et al.*, 2010).

Con toda esta información se definirán las características generales del sistema y se procederá a la planificación y el cálculo hidráulico (diámetros de tuberías, caudales, presiones, características del sistema de bombeo, etc.), de acuerdo con las limitaciones de tipo económico, de mano de obra y del entorno (Fernández *et al.*, 2010).

Aunque sea una división muy esquemática, se pueden considerar dos fases en el proceso de diseño: el diseño agronómico, con el que se determina la cantidad de agua que requiere el cultivo en las épocas de máximas necesidades, el tiempo de riego, etc.; y el diseño hidráulico que permitirá determinar las dimensiones de los componentes de la instalación, de forma que se pueda suministrar el agua necesaria en épocas de máxima necesidad (Fernández *et al.*, 2010).

DISEÑO AGRONÓMICO

Consiste en la determinación de las necesidades hídricas de la planta en períodos de máxima demanda en dependencia de los factores edafoclimáticos y propios del cultivo; con la finalidad de realizar el cálculo de la capacidad total del sistema de riego (Gasto Total), la elección del emisor según sus características técnicas, la localización y características de los mismos dentro de la parcela, su gasto y tiempo de aplicación (Fernández *et al.*, 2010).

✓ Parámetros Climáticos

Temperatura: La temperatura en el aire es producido a causa por la radiación solar que es absorbida por la atmósfera y el calor emitido por la tierra elevando así la temperatura del aire (FAO, Evapotranspiración del cultivo, 2006).

Velocidad del viento: Es una masa de aire en movimiento, la cual tiene una gran importancia en la elaboración del diseño de ciertos sistemas de riego, ya que tiene una gran influencia en la eficiencia y uniformidad del sistema (FAO, Evapotranspiración del cultivo, 2006).

Radiación solar: La radiación solar es la más importante fuente de energía en el planeta. La cantidad potencial de radiación que puede llegar a una superficie viene determinada por su localización y época del año. Debido a las diferencias en la posición del planeta y a su movimiento alrededor del sol, esta cantidad potencial

de radiación es diferente para cada latitud y para las diversas estaciones del año (FAO, Evapotranspiración del cultivo, 2006).

Precipitación: La precipitación es el término con el cual se denominan las formas de agua en estado líquido o sólido que caen directamente sobre la superficie terrestre. Esto incluye la lluvia, llovizna, llovizna helada, lluvia helada, granizo, hielo granulado, nieve, granizo menudo y bolillas de nieve (INETER, 2008).

Humedad relativa: La humedad relativa es el cociente entre la cantidad de agua que el aire realmente contiene a una determinada temperatura y la cantidad que podría contener si estuviera saturado a la misma temperatura. Es adimensional y se expresa comúnmente como porcentaje (FAO, Evapotranspiración del cultivo, 2006).

✓ **Necesidades de riego**

Evaporación: La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada (FAO, Evapotranspiración del cultivo, 2006).

Transpiración: La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de los estomas. Estos son pequeñas aberturas en la hoja de la planta a través de las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmósfera. El agua, junto con algunos nutrientes, es absorbida por las raíces (FAO, Evapotranspiración del cultivo, 2006).

Evapotranspiración: Se conoce como evapotranspiración (ET), la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie

del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo (FAO, Evapotranspiración del cultivo, 2006).

Evapotranspiración de referencia: La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ETo. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. No se recomienda el uso de otras denominaciones como ET potencial, debido a las ambigüedades que se encuentran en su definición (FAO, Evapotranspiración del cultivo, 2006).

Evapotranspiración del cultivo: Evapotranspiración del cultivo es el requerimiento hídrico del cultivo, el cual se basa en la evapotranspiración referencial y el coeficiente de cultivo (FAO, Evapotranspiración del cultivo, 2006).

Norma neta: Con la dosis neta de riego se aporta humedad al suelo para satisfacer las necesidades del cultivo durante varios días. Suele expresarse en m³/ha o mm de altura de lámina de agua (Kerr & Centeno, 2012).

$$\text{Conviene recordar que } 1 \text{ mm} = 1 \text{ lt/m}^2 = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Norma bruta: En general, cuando se aplica un riego, no toda el agua queda almacenada en la zona del suelo explorada por las raíces, sino que parte se pierde por evaporación, escorrentía y percolación profunda, siendo muy diferente la cuantía de cada tipo de pérdida según el sistema de riego (Kerr & Centeno, 2012).

La eficiencia de aplicación del riego (Ef.), es precisamente el porcentaje de agua que las raíces aprovechan respecto del total aplicada. Su valor es diferente para cada método de riego (superficie, aspersión y localizado), dentro de cada uno de ellos, según cada sistema (Kerr & Centeno, 2012).

Tabla 1. Eficiencia de Aplicación de distintos métodos de riego.

Eficiencia de aplicación (Ef.) esperable con distintos métodos de riego	
Método de riego	Eficiencia del riego (%)
Riego superficial	55-90 ⁽¹⁾
Riego por aspersión	65-90
Riego localizado	75-90 ⁽²⁾
<p>1. Los valores altos de E_a en riego por superficie, se consiguen como en el resto de los métodos, con un adecuado diseño y manejo del riego y en determinados sistemas como riego por surcos a nivel cerrados, tablares bien nivelados o surcos abiertos en los que se reutiliza el agua de escorrentía (Aunque esta práctica es aún muy poco frecuente).</p> <p>2. Los valores más frecuentes se sitúan próximos al 90 %.</p>	

Fuente: (Kerr & Centeno, 2012).

Por lo tanto, conociendo la eficiencia de aplicación se pueden determinar la **norma bruta de riego** (N_b), o sea, la cantidad real de agua que ha de aplicarse durante el riego para satisfacer las necesidades netas de riego (Kerr & Centeno, 2012).

Necesidades brutas del cultivo: Es la cantidad real de agua que ha de aplicarse durante el riego para satisfacer las necesidades netas de riego (Kerr & Centeno, 2012).

DISEÑO HIDRÁULICO

Consiste en el dimensionamiento de los componentes del sistema y en la determinación de las variables hidráulicas (presión, pérdidas de carga, caudal, etc.) de la red de distribución; disminuyendo las pérdidas de agua y maximizando las eficiencias de conducción, distribución y aplicación en todo el sistema de riego,

en función de las necesidades hídricas máximas del cultivo y de los demás parámetros del diseño agronómico (Fernández *et al.*, 2010).

✓ Características Hidráulicas de los Aspersores (q_0)

Una característica común, en todos los sistemas de riego por aspersión, el agua es arrojada a través de aspersores con boquillas, o perforaciones con secciones reducidas a una gran velocidad produciendo lo que se denomina gasto hidráulico o caudal (Villalobos, 1998).

Gasto Real: Es el que se mide a la salida del aspersor al aplicarle una presión determinada, la cual se realiza utilizando aforos volumétricos o utilizando otros equipos de medición.

Gasto teórico: Es el que se determina mediante el proceso de diseño del sistema.

✓ Altura de los elevadores

Para elevar los aspersores en dependencia del gasto:

Tabla 2. Gasto del aspersor según altura.

Gasto del Aspersor		Altura Mínima del Elevador (cm)
LPS	GPM	
0.25 – 0.75	3.96 – 11.88	15
0.75 – 1.70	11.88 – 27	25
1.70 – 3.40	27 – 54	30
3.40 – 8.50	54 – 135	35
8.50 a mas	135 a mas	90

Fuente: (Kerr & Centeno, 2012).

✓ **Radio de alcance**

Es la distancia que recorre el chorro principal, medida desde la base del aspersor con el equipo detenido sin girar y a cero vientos (Kerr & Centeno, 2012).

✓ **Calidad de la lluvia del aspersor**

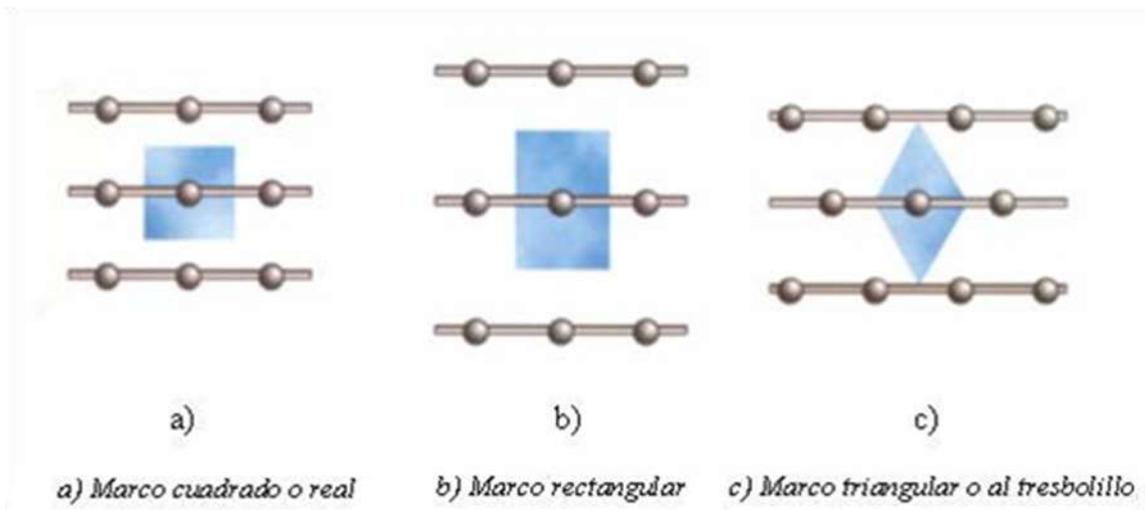
El grosor de las gotas se determina por el índice de grosor (IG). Para calcular IG se tendrá en cuenta la presión y el diámetro con la boquilla seleccionada (Kerr & Centeno, 2012).

✓ **Espaciamiento entre aspersores**

La separación entre los aspersores del mismo ramal de aspersión y entre dos ramales consecutivos, y determina el solape entre las zonas regadas por aspersores contiguos. Con el objetivo de conseguir una lluvia uniforme se elegirá conjuntamente el tipo de aspersor y el marco, tratando de evitar que las zonas más alejadas de los aspersores reciban menos agua (Fernández *et al.*, 2010).

Los marcos de riego más habituales son: marco cuadrado o real, marco rectangular, marco triangular o al tresbolillo.

Figura 3. Espaciamiento entre Aspersor.



Fuente: (Fernández *et al.*, 2010).

✓ **Diámetro Efectivo (E_a)**

Para determinar el diámetro efectivo hay que añadir la velocidad del viento, que es el principal factor que distorsiona la uniformidad de reparto. El modelo de reparto de agua del aspersor viene definido por el diseño del mismo, el tipo, el número de boquillas y la presión de trabajo (Kerr & Centeno, 2012).

Tabla 3. Ausencia de vientos o moderados (menores a 2 m/s)

Disposición	Espaciamiento entre aspersor (E_a)
Cuadrado	1.4142 R
Rectangular	0.45R $E_I = 0.60R$
Triangular	$E_a = E_I = 1.73R$

Fuente: (Kerr & Centeno, 2012).

Tabla 4. En presencia de vientos para cuadrado y triangular.

V (Km/h)	Cuadrado	Triangular	
	a(m)	a(m)	b(m)
0	0.7 D	0.75 D	0.87 D
0-10	0.55 D	0.60 D	0.70 D
10-13	0.50 D	0.55 D	0.65 D
13-30	0.30 D	0.50 D	0.60 D

Fuente: (Kerr & Centeno, 2012).

Tabla 5. En presencia de vientos para rectangular.

Espaciamiento rectangular		
V (Km/h)	E_a	E_I
0 – 10	0.4 D	0.65 D

10 – 15	0.4 D	0.60 D
Mayor 15	0.3 D	0.50 D

Fuente: (Kerr & Centeno, 2012).

✓ **Espaciamiento entre Laterales**

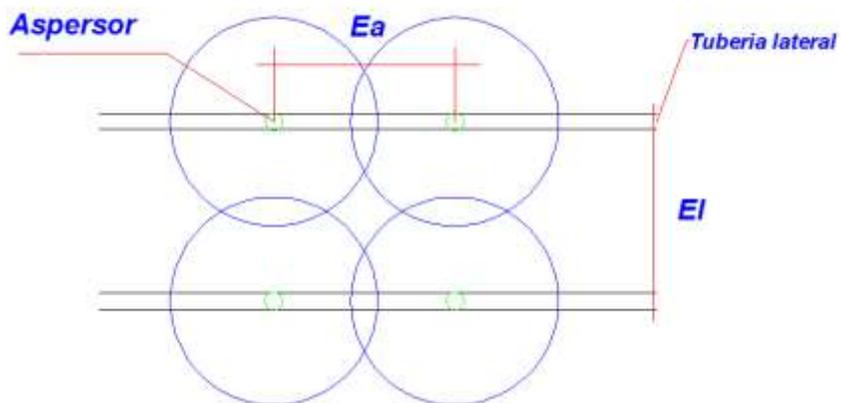
La disposición del espaciamiento de los laterales es delimitada por el mismo marco de riego empleada para el espaciamiento entre aspersores (E_a), su distancia corresponde a la longitud medida entre dos aspersores posicionados entre dos laterales (Kerr & Centeno, 2012).

✓ **Área Efectiva**

Es el área que riega un aspersor descontado los traslapes entre aspersor.

En el caso de aspersores trabajando simultáneamente:

Figura 4. Área efectiva.



Fuente: (Kerr & Centeno, 2012) .

✓ **Intensidad de aplicación**

Es la intensidad de lluvia que suministra el aspersor sobre la superficie que riega (Fernández *et al.*, 2010).

✓ **Tiempo de puesta**

Es el tiempo que el aspersor debe regar para satisfacer el déficit de las necesidades brutas de riego. Se determina dividiendo la norma de riego neta entre la intensidad de aplicación del aspersor (Fernández *et al.*, 2010).

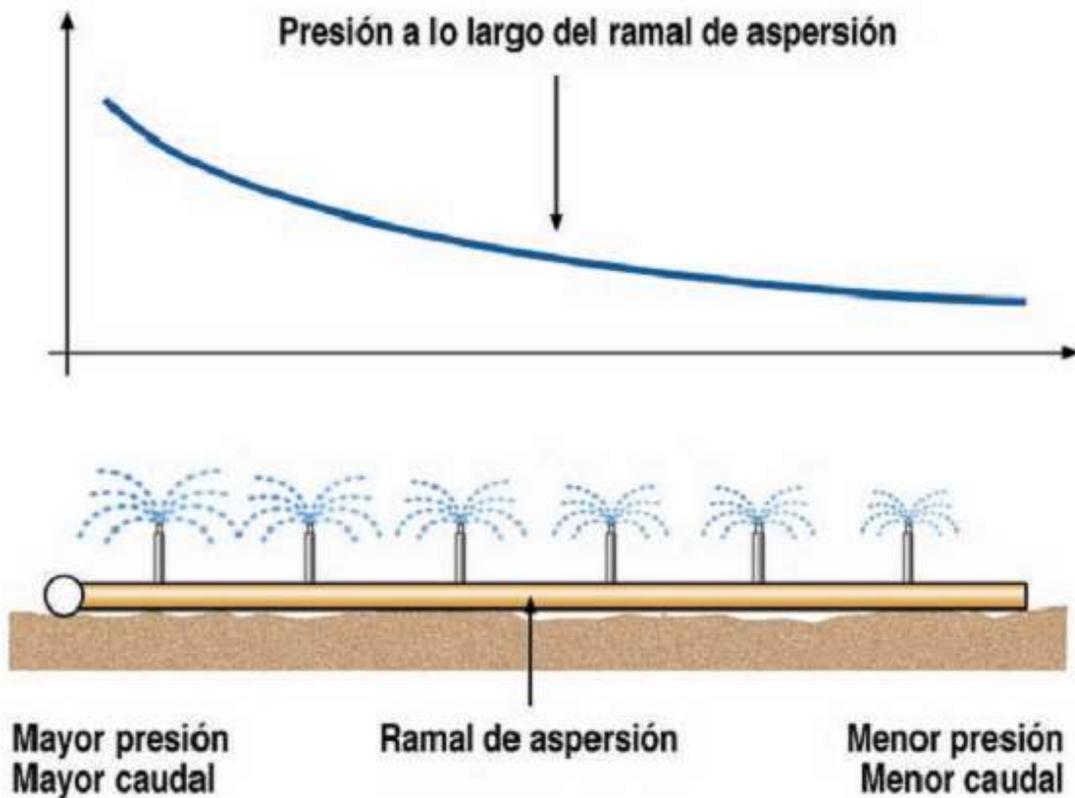
✓ **Pérdidas de cargas en las tuberías**

La pérdida de carga que tiene lugar en una conducción representa la pérdida de energía de un flujo hidráulico a lo largo de la misma por efecto del rozamiento en la tubería, conexiones y piezas especiales. También se perderá presión si la tubería es ascendente, mientras la ganará si es descendente (Fernández *et al.*, 2010).

✓ **Perdida de carga en la tubería lateral**

Es la tubería que contiene todos los emisores, esta puede ser de PVC o aluminio. La longitud de los tubos es de 6 m y en algunos casos se pueden encontrar de 9 m.

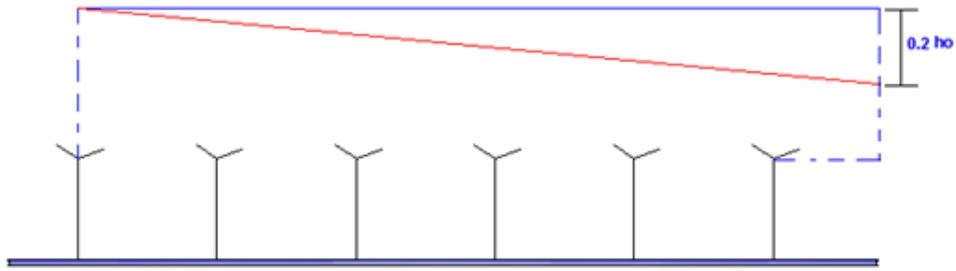
Figura 5. Perdida de carga de la tubería lateral.



Fuente: (Fernández et al., 2010).

- Parte sobre la base de que la diferencia de gastos entre el primero y el último aspersor es menor del 10% del gasto de diseño. Se considera que el gasto en cada aspersor es igual a q_0 .
- Se tomará como criterio del Cálculo que la diferencia de carga de 0.2 ho que se produce entre el aspersor situado en el extremo aguas abajo del lateral y la entrada del lateral.
- Solamente se tomarán en cuenta las pérdidas de carga por fricción el resto se evaluará al final como 10 % de las mismas.

Figura 6. Área efectiva.



Fuente: (Kerr & Centeno, 2012).

Expresión para el cálculo de las pérdidas:

$$h_f = \frac{Z \cdot K_L \cdot q_o^{M \cdot L}}{d^N}$$

h_f : Pérdidas por fricción

K_L : Coeficiente de rozamiento

q_o : Gasto

D : Diámetro de la tubería

L : Longitud de la tubería

M y N : Coeficientes

Z : Factor de corrección de Christiansen

Valor de Z : Conociendo los datos de N y M se encuentra por medio de tabla el valor de Z para Hazen Williams.

Tabla 6. Cálculo del valor de Z .

TABLA PARA CÁLCULO DE LATERALES								
	DARCY-WEISBACH		HAZEN -WILLIAMS		SCOBNEY			
	M = 2.0		M = 1.85		M = 1.90			
N	F	Z	F	Z	F	Z		
2	0,625	5	0,639	4,6	0,634	4,7		
3	0,518	14	0,534	12,2	0,529	12,8		
4	0,469	30	0,485	25,2	0,480	26,7		
5	0,440	55	0,457	44,9	0,451	48,0		
6	0,421	91	0,438	72,4	0,432	78,1		
7	0,408	140	0,425	109,0	0,419	118,0		
8	0,398	204	0,416	156,0	0,410	170,0		

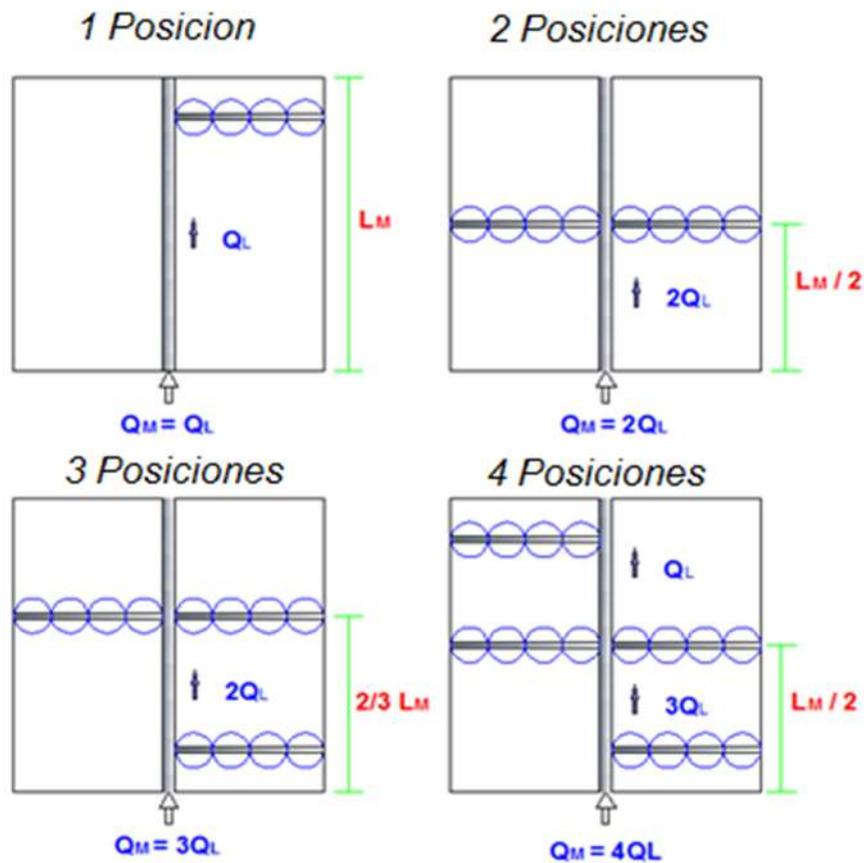
9	0,391		284	0,408		214,0	0,402		235,0
10	0,385		385	0,402		284,0	0,396		315,0
11	0,380		506	0,397		369,0	0,392		410,0
12	0,376		650	0,393		468,0	0,388		522,0
13	0,373		819	0,390		563,0	0,384		653,0
14	0,370	1	20	0,337		715,0	0,381		804,0
15	0,367	1	240	0,385		866,0	0,379		975,0
16	0,365	1	500	0,382	1	30	0,377	1	170,0
18	0,362	2	110	0,379	1	430	0,373	1	630,0
20	0,359	2	870	0,376	1	920	0,370	2	200,0
30	0,350	9	450	0,368	5	960	0,362	6	950,0
40	0,345	22	100	0,363	13	400	0,357	15	800,0
50	0,343	42	900	0,361	25	100	0,354	30	000,0
60	0,342	73	900	0,359	42	0	0,354	50	700,0
70	0,340	177	0	0,358	64	900	0,352	78	900,0
80	0,340	174	0	0,357	93	100	0,351	116	000,0
90	0,339	258	0	0,356	132	0	0,350	163	000,0
100	0,338	388	0	0,356	178	0	0,350	221	000,0

Fuente: Apuntes de la asignatura Diseño de Sistemas de Riego.

✓ **Perdida de carga en la tubería maestra (Criterio de Christiansen)**

Es importante señalar que para el cálculo de la pérdida de carga en la maestra se debe buscar la posición más crítica de los laterales, es decir la postura donde se produzca la mayor pérdida de carga (Kerr & Centeno, 2012).

Figura 7. Perdida de carga de la tubería maestra.



Fuente: (Kerr & Centeno, 2012)

✓ **Pérdidas en la tubería conductora**

La tubería debe ser simple es decir que esta tenga una sola salida con un diámetro y coeficiente de rugosidad constante. Para estas condiciones es válido aplicar el método de Hazen-Williams, la fórmula es sencilla y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad "C" no es función de la velocidad ni del diámetro de la tubería. Es útil en el cálculo de pérdidas de carga en tuberías para redes de distribución de diversos materiales, especialmente de fundición y acero:

$$hf = \frac{10.67}{d^{4.87}} * \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} * L$$

Donde:

hf: Perdida de carga o de energía (m).

d: Diámetro interior de la tubería (pulg).

Q: Caudal (m3/s).

C: Coeficiente de rugosidad (adimensional).

L: Longitud de la tubería (m).

Tabla 7. Coeficiente Hazen – Williams.

COEFICIENTE DE HAZEN-WILLIAMS PARA ALGUNOS MATERIALES			
Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido, nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

Fuente: Apuntes de la asignatura Diseño de Sistemas de Riego.

✓ **Carga total dinámica**

Las pérdidas y ganancias de energía en un sistema se contabilizan en términos de energía por unidad de peso del fluido que circula por él, esto también se conoce como carga (Mott, 2006).

En determinados sistemas de riego el agua fluye por su propio peso, alcanzando así de forma natural una presión determinada, desde el lugar de origen hasta la parcela de riego cuando la diferencia de altura entre ambos es suficiente. De no ser así, será preciso elevar el agua, normalmente se utilizan bombas hidráulicas (Fernández *et al.*, 2010).

Se denomina carga total dinámica (CTD) a la altura total de elevación o altura total manométrica. Es la sumatoria de la altura geométrica de aspiración (H_a), altura manométrica de impulsión (H_i) y las pérdidas de cargas totales de las tuberías y accesorios (Fernández *et al.*, 2010).

Altura geométrica de aspiración (H_a): Es la altura comprendida desde el nivel estático de la superficie del agua hasta el eje horizontal de la bomba.

Altura geométrica de impulsión (H_i): Es la altura comprendida desde el eje horizontal de la bomba hasta al punto más alto de la instalación del sistema de riego.

Pérdidas de cargas totales (H_t): Es la sumatoria de las pérdidas de cargas totales, locales y por accesorios del sistema de riego.

✓ **Potencia de bombeo**

La potencia de bombeo se define como la rapidez a que se realiza un trabajo. En la mecánica de fluido se modifica ese enunciado y se considera que la potencia es la rapidez con que se transfiere la energía (Mott, 2006).

De acuerdo con Mott (2006), la unidad de la potencia en el sistema Inglés es la lb-pies/s; como práctica común se suele expresar la potencia en caballo de fuerza (Hp), el factor de conversión que se requiere es:

$$1 \text{ Hp} = 550 \text{ lb-pies/s}$$

$$1 \text{ Hp} = 745.7 \text{ w}$$

5.2. SUELO

5.2.1. Propiedades físicas de los suelos

Las propiedades físicas de los suelos determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas posibles del suelo (Ruck *et al.*, 2004).

✓ Textura

Es precisamente esta proporción de cada elemento del suelo lo que se llama la textura, o dicho de otra manera, la textura representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición (Ruck *et al.*, 2004).

✓ Estructura

Desde el punto de vista morfológico, es el grado, forma o modo en que las partículas integrantes de un suelo, se asocian entre sí, formando en forma natural grupos unidos sin la intervención del hombre. La estructura afecta la penetración del agua, el drenaje, la aireación y el desarrollo de las raíces, incidiendo así en la productividad del suelo y las facilidades de la labranza (Cisneros, 2003).

✓ **Densidad aparente**

La densidad aparente de un suelo se define como el cociente que resulta de dividir el peso de suelo seco entre el volumen total, incluyendo los poros. Usualmente se expresa en gr/cm^3 (Cisneros, 2003).

✓ **Densidad real**

La densidad real de un suelo es la relación que existe entre el peso de éste, en seco (P_{ss}) y el volumen real o sea el volumen de sus partículas (V_p). Usualmente se expresa en gr/cm^3 (Cisneros, 2003).

✓ **Infiltración**

La infiltración es una propiedad física muy importante en relación con el manejo del agua de riego en los suelos. Se refiere a la velocidad de entrada del agua en el suelo. La velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo, se expresa generalmente en cm/hr o cm/min (Tabla 1) (Cisneros, 2003).

Figura 8. Clasificación de la magnitud de infiltración

CLASIFICACION	MAGNITUD (cm/hr)	CARACTERISTICAS
MUY LENTA	< 0.25	Suelos con un alto contenido de arcilla.
LENTA	0.25 - 1.75	Suelos con alto contenido de arcilla, bajo en materia orgánica o suelos delgados.
MEDIA	1.75 - 2.50	Suelos migajones arenosos o migajones limosos.
RAPIDA	> 2.50	Suelos arenosos o migajones limosos profundos y de buena agregación.

Fuente: (Cisneros, 2003).

5.2.2. Propiedades químicas de los suelos

✓ **Acides o pH**

Influye directamente en la disponibilidad de los nutrientes y de la actividad microbiana de los suelos (FAO, 2013).

En suelos ácidos, muy pocos nutrientes están disponibles para ser tomados por las raíces y esto afecta la producción, dando cosechas muy bajas.

✓ **Fertilidad**

Es el contenido de nutrientes existentes en el suelo para ser aprovechado por las plantas. Un suelo fértil es el que tiene buena cantidad de nutrientes para las plantas, existen dos tipos de nutrientes los Macronutrientes o Mayores y los Micronutrientes o Menores (FAO, 2013).

a) Macronutrientes

Deben estar presentes en el suelo en mayores cantidades para ser aprovechado por los cultivos, su presencia es indispensable para el crecimiento y fructificación (FAO, 2013).

Los principales macronutrientes son:

- Nitrógeno (N)
- Fosforo (P)
- Potasio (K)
- Magnesio (Mg)

b) Micronutrientes

Son requeridos por las plantas en pequeñas cantidades, pero al igual que los Macronutrientes son indispensables, pues su deficiencia ocasiona en la mayoría de los casos desórdenes fisiológicos en las plantas (FAO, 2013).

Los principales micronutrientes son:

- Hierro
- Manganeso
- Zinc
- Boro
- Cobre
- Molibdeno
- Cloro
- Azufre

✓ **Materia orgánica**

Viene de la descomposición de los residuos de plantas y animales en el suelo. La materia orgánica influye sobre la fertilidad del suelo y sobre sus características físicas y químicas (FAO, 2013).

La materia orgánica mejora las condiciones del suelo para el buen desarrollo de los cultivos. Para evitar la pérdida de materia orgánica, se deben eliminar las quemadas y se debe agregar al suelo el compost final proveniente de restos o residuos de cosecha y estiércol de animales.

5.3. PASTO MARALFALFA (PENNISETUM SP)

5.3.1. Origen

Correa, H. (2005), manifiesta que el origen del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*) es muy incierto. Existen varias hipótesis al respecto entre las que se encuentra la del sacerdote jesuita José Bernal Restrepo (1979), utilizando su sistema químico

biólogo S.Q.B llamado Heteroingerto Bernal, H.I.B. Asegura que fue el resultado de la combinación de varios recursos forrajeros entre los cuales están el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), una grama nativa (*Paspalum macrophyllum*), el gramalote (*Paspalum fasciculatum*), la alfalfa peruana (*Medicago sativa*) y el pasto brasilero (*Phalaris arundinacea*). A partir de estos cruces se origina el pasto resultante que el padre José Bernal denomina Maralfalfa.

5.3.2. Clasificación taxonómica

Figura 9. Clasificación Taxonómica del Genero *Pennisetum*

Familia	Sub-familias	Tribus	Géneros	Especies
<i>Poaceae</i>	<i>Pooideae</i> <i>Chloridoideae</i> <i>Oryzoideae</i> <i>Bambusoideae</i> <i>Panicoideae</i>	<i>Andropogoneae</i> <i>Festuceae</i> <i>Hordeae</i> <i>Agrostideae</i> <i>Paniceae</i>	<i>Axonopus</i> <i>Brachiaria</i> <i>Cenchrus</i> <i>Digitaria</i> <i>Echinochloa</i> <i>Eriochloa</i> <i>Melinis</i> <i>Panicum</i> <i>Paspalidium</i> <i>Paspalum</i> <i>Pennisetum</i>	<i>americanum</i> <i>purpureum</i> <i>clandestinum</i> <i>typhoides</i> <i>violaceum</i> <i>Villosum</i>

Fuente: Corea H et. al. (2007) "Maralfalfa: Mitos y Realidades I"

5.3.3. Morfología

- ✓ Raíces

Las raíces del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) son fibrosas y forman raíces adventicias que surgen de los nódulos inferiores de las cañas, son de crecimiento rápido y de alta capacidad de profundizar en el suelo (Parra, 2012).

✓ Tallos

Estas cañas conforman el tallo superficial el cual está compuesto por entre nudos, delimitados entre sí, los entrenudos en la base del tallo son muy cortos, mientras que lo de la parte superior del tallo son más largos. Los tallos no poseen vellosidades (Parra, 2012).

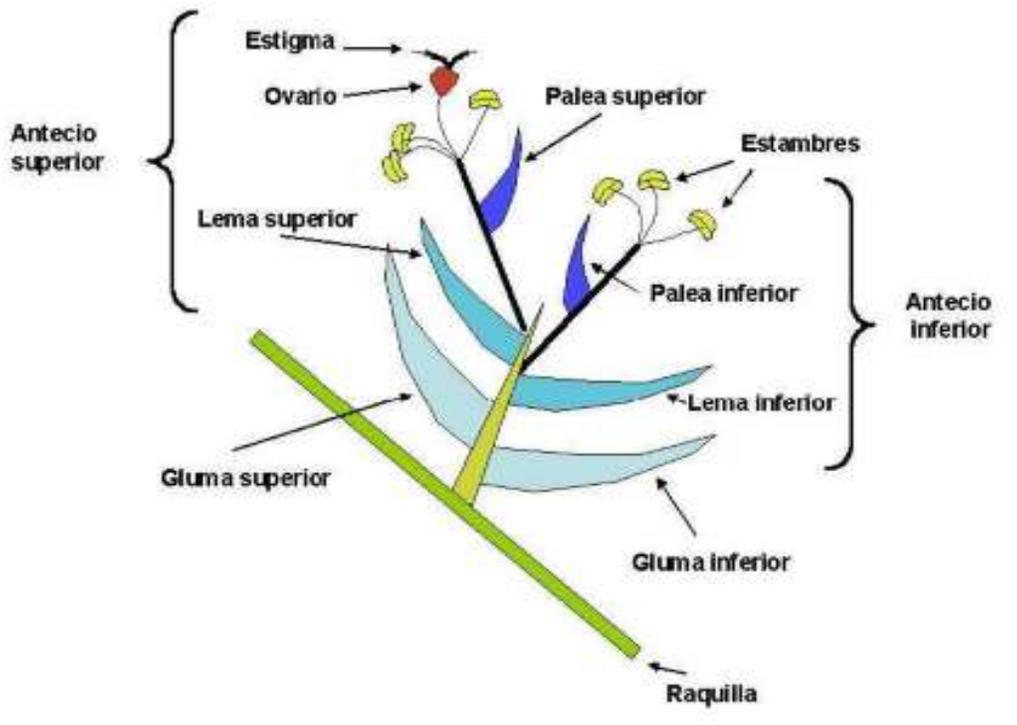
✓ Hojas

Las ramificaciones se producen a partir de los nudos y surgen siempre a partir de una yema situada entre la vaina y la caña. La vaina de la hoja surge de un nudo de la caña cubriéndola de manera ceñida. Los bordes de la vaina están generalmente libres y se traslapan. Es muy común encontrar bordes pilosos, siendo esta una característica importante en su clasificación (Parra, 2012).

✓ La Lígula

Que corresponde al punto de encuentro de la vaina con el limbo, se presenta en corona de pelos. Mientras que la longitud y el ancho de las hojas pueden variar ampliamente dentro de una misma planta. La presencia de pelos en el borde de las hojas, es otro elemento fundamental en la descripción de esta especie (Parra, 2012).

Figura 10. Esquema de Espiguillas del Pasto Maralfalfa



Fuente: Dawson S, Harch T, 2002

5.3.4. Características del Pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*)

- Pasto de gran tamaño, en ocasiones, pueden llegar a alcanzar los 5 o 6 metros de altura.
- De crecimiento ultrarrápido, crece a una velocidad muy superior al pasto de potrero y a otras plantas, puede crecer hasta 5 metros en 60 días después del primer corte.

- Tolera sequías prolongadas. No fallece en época de verano por falta de agua.
- El pasto Maralfalfa es suave, altamente palatable y dulce, más que la caña forrajera, sustituye la Melaza.
- Se puede aportar como dieta única. Esto quiere decir que el ganado o los animales pueden ser alimentados solamente con estos pastos.

5.3.5. Valor nutricional

La variedad Maralfalfa presenta una alta calidad nutritiva presentándose valores entre 8 y 16 % contiene 12% de carbohidratos (azúcares, etc) por lo tanto es muy apetecible por los animales además es suave y fácil de digerir (SCR-USDA, 2015).

5.3.6. Rendimiento

Por sus altos rendimientos de biomasa, son adecuados para su aprovechamiento en sistemas de corte y acarreo, para suministrarlos en forma de forraje verde al ganado o para elaboración de ensilaje. Se han cosechado entre 28 y 44 Kg por metro cuadrado, dependiendo del manejo del cultivo (SCR-USDA, 2015).

5.3.7. Adaptación

Este pasto se adapta a diversos climas tanto fríos como cálidos. Estas plantas prosperan en tierras que están situadas hasta los 3.000 m.s.n.m; y que presentan lluvias por arriba de los 1,000 milímetros anuales. Se adapta bien a suelos con fertilidad media a alta. Su mejor desarrollo se obtiene en suelos con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje (Carreño, 2009).

5.3.8. Establecimiento del Pasto

Preferiblemente se siembra en terrenos con tierra suelta y aireada, se logra con el arado del suelo, esto no quiere decir que no se pueda sembrar en terrenos duros o compactados. Donde no hay la posibilidad del arado mecanizado del suelo o bueyes para el arado por falta de recursos económicos también se pudiera

sembrar en terrenos compactados, pero su rendimiento baja en un 15% (Carreño, 2009).

✓ **Siembra**

Los tallos o estolones se deben sembrar acostados (horizontalmente) entre los 2 o 5 cm de profundidad. Cuando son semillas, de óptima calidad, con un alto índice de germinación, sólo es necesario sembrar un sólo tallo en cada surco, pero cuando no son de buena calidad se debe sembrar 2 tallos por surco (Carreño, 2009).

No se debe sembrar en terrenos pantanosos, estas variedades de pastos no toleran el encharcamiento de agua se debe buscar terrenos que no se inunden para no perder la inversión.

✓ **Distancia entre surco**

Entre surco y surco tiene que haber una distancia mínima de 50 Centímetros y máxima de 90 centímetros. No se recomienda a una distancia mayor, porque le puede favorecer el surgimiento de maleza. Linealmente entre un tallo y otro, se puede sembrar uno seguido del otro. También se puede dejar una distancia de hasta 90 centímetros (Carreño, 2009).

✓ **Control del pH del suelo**

Es importante controlar el pH del suelo, Aunque este pasto tolera la acidez del suelo, se recomienda el control del pH para óptimos resultados. Para neutralizar el pH recomendamos aplicar cal agrícola a razón de 500 Kg por hectárea (Carreño, 2009).

5.3.9. Fertilización

La fertilización adecuada de estos pastos es imprescindible y obligatoria por tratarse de pastos de crecimiento ultrarrápido. Por tal razón estos cultivos no funcionan sin fertilizantes. Por otra parte, podemos decir que la Maralfalfa, es muy productivo porque con poco fertilizante su rendimiento es alto (Carreño, 2009).

✓ **Tratamiento**

En países sudamericanos se recomienda fertilizar con los siguientes tratamientos:

- Fosforo-potasio-nitrógeno (10-20-20) siembra o primer corte.
- Todos los elementos (16-16-16) ó (15-15-15) a los 15 días.
- Calcio-nitrógeno a los 15 días siguientes.
- Luego a los 15 o 20 días se puede cortar.

Si son pastos sembrados que nunca se ha cortado se recomienda repetir Calcio-nitrógeno y uno que contenga todos los elementos (16-16-16) ó (15-15-15) como ya se indicó y cortar cuando supere los 2,5 metros de altura (Carreño, 2009).

✓ **Control de maleza**

Debido a su altura el pasto Maralfalfa combate fácilmente el crecimiento de la maleza, por sí mismo. A este pasto sólo le sale maleza en el periodo posterior a la siembra, después en los cortes posteriores, no le sale maleza (Carreño, 2009).

5.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

El estudio de la evaluación económica es la parte final de toda la secuencia de análisis de la factibilidad de un proyecto. Sin embargo, a pesar de conocer las utilidades probable del proyecto durante los primeros años de operación, aun no se habrá demostrado que la inversión propuesta será económicamente rentable (Baca, 1996).

Se sabe que el dinero disminuye su valor real con el paso del tiempo, a una tasa aproximadamente igual al nivel de inflación vigente. Esto implica que el método empleado para evaluar un proyecto debe tomar en cuenta el valor real del dinero a través del tiempo (Baca, 1996).

5.4.1. Valor presente neto (VPN)

Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial (Baca, 1996).

5.4.2. Tasa interna de rendimiento (TIR)

Es la tasa de descuento que hace, que el VPN sea igual a cero.

Es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial (Baca, 1996).

6. METODOLOGÍA

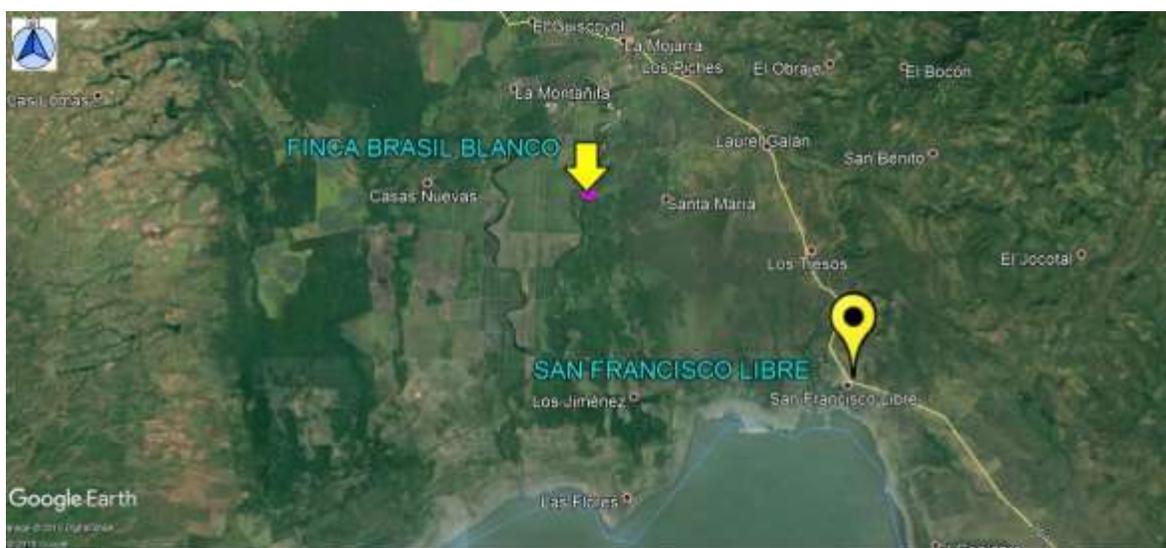
La metodología a emplearen este estudio consiste en la investigación documental en conjunto con el trabajo en campo (investigación de las condiciones físicas del área destinada al riego), procesamiento de datos obtenidos y de la revisión y análisis de los resultados.

6.1. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN

6.1.1. Macro localización

El municipio de San Francisco Libre limita: Al norte, con el municipio de ciudad Darío, departamento de Matagalpa; al sur con el lago de Managua o Xolotlán; al Este con el municipio de Tipitapa y al oeste con el municipio de el Jicaral, departamento de León.

Figura 11. Macro localización



Fuente: Google Earth, 2018.

6.1.2. Micro localización

El área del estudio está ubicada a los 12°33'30.32"N 86°21'59.69"W. establecida a 10 km del municipio de san Francisco Libre.

Imagen No. 12: Micro Ubicación.



Fuente: Google Earth, 2018.

6.1.3. Descripción de las Condiciones Climáticas

Para apreciar las magnitudes de los factores climáticos de la zona en que se realizó este estudio, se utilizaron los datos climatológicos proporcionados por el Institución Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), correspondiente a la Estación Meteorológica de San Francisco Libre, Código: 60 025, con coordenadas: Latitud: 12° 29' 54" N, Longitud: 86° 16' 54" W, Elevación: 50 msnm. Dichos datos sirven de base para la determinación de la evapotranspiración de referencia de la zona, calculada con el software Cropwat 8.0.

6.1.4. Levantamiento Topográfico del Área de Riego

Haciendo uso de un GPS se registraron los puntos para definir el área (puntos limitantes) obteniendo así información de alti-planimetría. Luego se transfirieron esos datos a un computador para procesarlos en los Software, MapSource, Google Earth, Excel y AutoCAD, con los cuales se obtuvo el plano topográfico del área mencionada.

6.2. ESTUDIO DEL SUELO

6.2.1. Muestro de Suelo (Método de Muestreo de suelo al azar)

Una vez establecida el área, se procedió a recolectar submuestras completas y alteradas de suelo, procurando una distribución de muestreo lo más uniforme posible (en forma diagonal). Las submuestras fueron tomadas a una profundidad promedio de 30 cm. Se mezclaron todas las sub muestras para conformar una sola, y luego se empacaron en una bolsa plástica debidamente identificada para mandarlas al laboratorio donde se le realizaron análisis para el conocimiento de las siguientes propiedades:

- Textura
- Punto de marchitez permanente
- Capacidad de campo
- Densidad aparente (Para esta prueba se procedió a recolectar muestras de suelo inalteradas, haciendo uso de un cilindro de volumen conocido, extrayendo muestras que conservaran el mismo estado natural del suelo).

6.2.2. Determinación de la Velocidad de Infiltración

- **Método de los Cilindros Infiltrómetros**

Situados en el área de estudio se introdujo un cilindro Infiltrómetro portátil para realizar la prueba de infiltración, en donde se tomaron lecturas de las distintas láminas de agua que se infiltraron en el suelo en un determinado tiempo.

Después de varias horas, cuando el nivel del agua en dicho cilindro varíe muy poco o nada, la prueba se dará por terminada. Con las lecturas y con los tiempos registrados se calculará la tasa de infiltración promedio utilizando el Método de Kostiakov, para compararla con la pluviometría de los Aspersores a utilizar.

6.3. DISEÑO AGRONÓMICO

6.3.1. Cálculo de Evapotranspiración del Cultivo

Se obtuvo mediante el programa de la FAO Cropwat 8.0, que se rige de la fórmula de Penman Monteith, introduciendo los datos climatológicos de San Francisco libre siendo esta la estación más cercana al área de estudio.

6.3.2. Cálculo de Norma Neta

$$Nn=100*Da*Hr*(Cc-PMP)*2/3 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

Nn: Norma Neta (m³/ha)

Da: Densidad aparente (gr/cm³)

Hr: Profundidad radicular (m)

Cc: Capacidad de campo (%)

PMP: Punto de marchitez permanente (%)

6.3.3. Cálculo de Norma Bruta

Se calculan utilizando una fórmula muy simple:

$$Nb = \frac{Nn}{Ef} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

Nb: Norma bruta (mm)

Nn: Norma neta (mm)

Ef: eficiencia del sistema de riego (%)

6.3.4. Cálculo de Necesidades Bruta de Cultivo

Se calculan utilizando una fórmula muy simple:

$$Nb_{\text{cultivo}} = \frac{Uc}{Ef} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

Uc: Uso consultivo o evapotranspiración (mm/día)

Ef: Eficiencia del sistema de riego (%)

6.4. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO

Permite determinar los diámetros más apropiados de la red de distribución, mediante la implementación de las siguientes fórmulas definiendo finalmente la selección de la bomba por utilizar.

6.4.1. Características hidráulicas de los aspersores

- **Gasto Real (q_0)**

$$q_0 = Cg \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0} \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

q_0 : Gasto real del aspersor (m^3/s)

A: Área de salida de la boquilla (mm)

g: Aceleración de la gravedad (m/s^2)

h_0 : Carga de presión a la salida del aspersor (m)

- **Gasto Teórico**

Se determina por la siguiente Expresión.

$$q_0 = 3.48 \cdot D^2 \cdot \sqrt{h_0} \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

q_0 : Gasto real del aspersor (m^3/s)

h_0 : Carga de presión a la salida del aspersor (m)

D: Diámetro de la boquilla (m)

- **En caso de aspersores de doble boquilla**

$$q_0 = 3.48 * (d_1^2 + d_2^2) * \sqrt{h_0} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

q_0 : Gasto real del aspersor (m^3/s)

h_0 : Carga de presión a la salida del aspersor (m)

d_1 y d_2 : Diámetro de las boquillas (m)

- **Coeficiente de gasto del aspersor**

$$C_g = \frac{\text{Gasto Real}}{\text{Gasto Teórico}} \quad (\text{Ec. 7})$$

- **Radio de alcance**

La fórmula para determinar este radio de alcance es la siguiente:

Formula de Zunker

$$R = 1.55 * h_0 * \left(1 - \frac{0.95 * h_0}{4.9 + h_0}\right) * \sqrt{1000 d} \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde:

R: Radio de alcance (m)

h_0 : Presión de trabajo (m)

d: Diámetro de la boquilla (m)

$$D = 2R$$

- **Lluvia del aspersor**

$$IG = 12.85 \frac{H^{1.3}}{D} \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde:

IG: Índice de grosor de la gota

H: Presión del aspersor (kg/cm^2)

D: Diámetro de la boquilla (mm)

IG<7 Gotas gruesas.

IG>17 Gotas finas.

IG 7 a 17 Grosor de gotas recomendable

- **Área efectiva**

Se calcula mediante la siguiente formula:

$$A_{\text{Efectiva}} = E_a * E_l \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde:

E_a : Espaciamiento entre aspersor

E_l : Espaciamiento entre lateral

- **Intensidad de aplicación**

$$i_{a \text{ neta}} = \frac{3600 q_0 * E_f}{A_{\text{Efectiva}}} \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde:

$i_{a \text{ neta}}$: Intensidad de aplicación neta del aspersor (mm/hr)

q_0 : Gasto de diseño del aspersor (lps)

A_{efectivo} : Área a regar por un aspersor (m²)

E_f : Eficiencia de aplicación del riego por aspersión (%)

- **Tiempo de puesta**

Se determina dividiendo la norma de riego neta entre la intensidad de aplicación del aspersor.

$$T_p = \frac{N_n}{i_a} \quad (\text{Ec. 12})$$

Donde:

T_p : Tiempo de puesta (hr)

N_n : Norma neta (mm)

i_a : Intensidad de aplicación (mm/hr)

6.4.2. Diseño de la tubería lateral

- **Pérdidas de cargas en la tubería lateral**

Expresión de Hazen Williams

Coefficiente de rozamiento

$$hf = Z * \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{q_0^{1.852}}{D^{4.87}} * L \quad (\text{Ec. 13})$$

$$K_L = \frac{1742}{C^{1.852}}$$

Donde:

hf: Pérdida de carga o de energía (m)

K_L : Coeficiente de rozamiento

q_0 : Gasto (lps)

C: Coeficiente de rugosidad (adimensional)

L: Longitud de la tubería (m)

Z: Factor de corrección de Christiansen

- **Cálculo de número de aspersores**

$$N = \frac{L_{\text{LATERAL}}}{E_a} \quad (\text{Ec. 14})$$

Donde:

N: Número de aspersores

L: Longitud del lateral (m)

E_a : Espaciamiento entre aspersor (m)

- **Cálculo de número de tubos de la tubería lateral**

$$\#_{\text{TUBOS}} = \frac{L_{\text{LATERAL}}}{L_{\text{COMERCIAL}}} \quad (\text{Ec. 15})$$

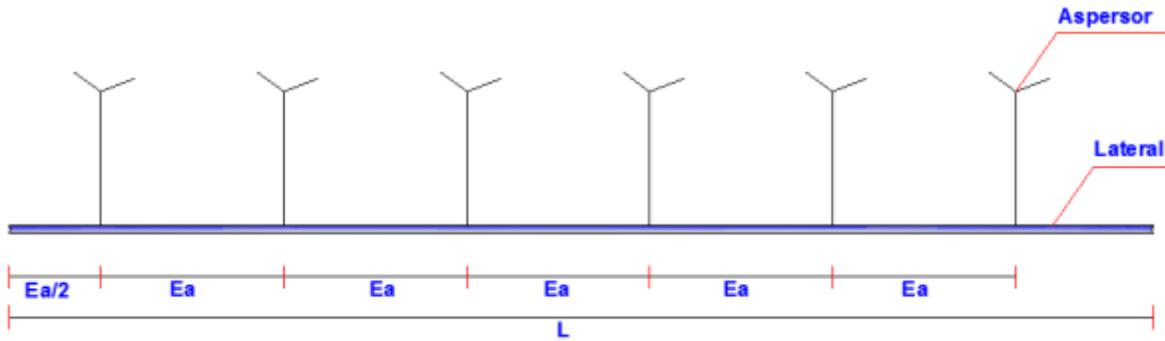
Donde:

#tubos: Número de tubos

L_{Lateral} : Longitud del lateral (m)

$L_{\text{comercial}}$: Longitud comercial (m)

Figura 13. Esquema de diseño



Fuente: (Kerr & Centeno, 2012).

- **Cálculo del gasto en la tubería lateral**

$$Q_{\text{LATERAL}} = q_{\text{Aspersor}} * N \quad (\text{Ec. 16})$$

Donde:

Q_{lateral} : Caudal del lateral (lps)

Q_{aspersor} : Caudal del aspersor (lps)

N: Número de aspersores

- **Cálculo de Pérdidas máximas**

$$hf_{\text{Máx}} = 0.2h_0 \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde:

hf_{max} : Pérdidas máximas por fricción (m)

h_0 : Presión de trabajo del aspersor (m)

- **Cálculo del diámetro de la tubería lateral**

$$D_{\text{Diseño}} = \left[\frac{Z * K_L * q^{1.852} * L}{hf_{\text{MÁX}}} \right]^{\frac{1}{4.87}} \quad (\text{Ec. 18})$$

Donde:

$D_{\text{diseño}}$: Diámetro de diseño (pulg)

Z: Factor de corrección de Christiansen

L: Longitud entre aspersor (m)

K_L : Coeficiente de rozamiento

q: Caudal del aspersor (lps)

hf_{max} : Pérdidas máximas por fricción (m)

- **Cálculo de Pérdidas reales**

$$hf_{REAL} = 0.20h_0 * \left(\frac{d_{Diseño}}{d_{Comercial}} \right)^{4.87} \quad (Ec. 19)$$

Donde:

Hf_{Real} : Pérdidas reales por fricción (m)

h_0 : presión de trabajo del aspersor (m)

$d_{diseño}$: Diámetro de diseño (pulg)

$d_{comercial}$: Diámetro comercial (pulg)

- **Carga de energía a la entrada del lateral**

$$H_L = H_N + h_{ELEV} + \Delta Z \quad \text{Donde} \quad H_N = h_0 + 0.75 * h_{REAL} \quad (Ec. 20)$$

Donde:

H_L : Carga a la entrada de la tubería lateral (m)

H_{ELEV} : Altura del elevador (m)

ΔZ : Desnivel del terreno (m)

h_0 : presión de trabajo del aspersor (mca)

Hf_{Real} : Pérdidas reales por fricción (m)

6.4.3. Diseño de la tubería maestra

- **Cálculo de número de posiciones**

Lateral moviéndose a un lado de la maestra

$$P_L = \frac{2L_{MAESTRA}}{E_L} \quad (Ec. 21)$$

Donde:

P_L : Número de posiciones de los laterales para regar toda el área

$L_{MAESTRA}$: Longitud de la maestra (m)

E_L : Espaciamiento entre lateral (m)

- **Cálculo de número de posiciones por cada lateral**

$$P_{dL} = \frac{\text{Jornada}}{t_p + t_c} \quad (\text{Ec. 22})$$

Donde:

P_{dL} : Posiciones diarias del lateral

Jornada: Jornada de trabajo (hr)

t_p : Tiempo de puesta (hr)

t_c : Tiempo de cambio (hr)

- **Cálculo de número de laterales**

$$N_L = \frac{P_L}{P_{dL} * T_R} \quad (\text{Ec. 23})$$

Donde:

N_L : Número de laterales

P_L : Número de posiciones de los laterales para regar toda el área

P_{dL} : Posiciones diarias del lateral

T_R : Tiempo de riego

- **Cálculo del caudal de la tubería maestra**

$$Q_M = N_L * q_{LATERAL} \quad (\text{Ec. 24})$$

Donde:

Q_M : Caudal de la maestra (lps)

N_L : Número de laterales

q_L : Caudal del lateral (lps)

- **Cálculo de las Pérdidas máximas en la tubería maestra**

$$H_{f_{MAX M}} = 0.25 h_0 \quad (\text{Ec. 25})$$

Donde:

$H_{f_{MAX M}}$ = Pérdidas máximas por fricción (m)

h_0 : Presión de trabajo del aspersor (m)

- **Cálculo del diámetro de la tubería maestra**

En este caso se asume un diámetro de tubería y se calculan las pérdidas por tramo, si la suma de las pérdidas de los tramos es menor que las pérdidas máximas el diámetro asumido es correcto de lo contrario se realiza otro tanteo.

$$hf = \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{Q^{1.852}}{d^{4.87}} * L \quad (\text{Ec. 26})$$

Donde:

hf: Pérdida de carga o de energía (m)

Q: Caudal (m³/s)

C: Coeficiente de rugosidad " (adimensional)

d: Diámetro de la tubería (pulg)

L: Longitud de la tubería (m)

6.4.4. Pérdidas totales

Se determinó por la siguiente expresión:

$$hf_{\text{TOTAL MAESTRA}} = \sum hf_{\text{TRAMO}} \quad (\text{Ec. 27})$$

Donde:

hf_{TOTAL MAESTRA}: Pérdida total en la maestra (m)

∑ hf_{TRAMO}: Sumatoria de las pérdidas por tramo (m)

- **Cálculo de carga en la entrada de la maestra**

Se determinó por la siguiente expresión:

$$H_{\text{MAESTRA}} = H_L + hf_{\text{MAESTRA}} + hf_{\text{ACCESORIOS}} + \Delta Z \quad (\text{Ec. 28})$$

$$hf_{\text{ACCESORIOS}} = 0.10(hf_{\text{REALES}} + hf_{\text{MAESTRA}})$$

Donde:

H_{MAESTRA}: Carga a la entrada de la maestra (m)

H_L: Carga a la entrada de la tubería lateral (m)

$hf_{MAESTRA}$: Pérdida de carga de la maestra (m)

$hf_{ACCESORIOS}$: Pérdida de carga por accesorios (m)

hf_{REALES} : Pérdida de carga real del lateral (m)

ΔZ : Desnivel del terreno (m)

6.4.5. Carga dinámica total

Se determinó a través de la siguiente expresión:

$$CDT = H_{MAESTRA} + \Delta H + hf_{succión} \quad (\text{Ec. 29})$$

Donde:

CDT: Carga Dinámica Total (m)

$H_{MAESTRA}$: Carga a la entrada de la maestra (m)

ΔH : Desnivel entre el centro de la bomba y el nivel estático de agua de la fuente de abastecimiento (m)

$hf_{succión}$: Pérdidas de carga en la tubería de succión que corresponde a 5% de la altura de succión.

- **Cálculo de la potencia de bombeo**

$$Hp = \frac{Q \cdot CDT}{270 \cdot Ef} \cdot Fs \quad (\text{Ec. 30})$$

Donde:

Hp: Potencia del equipo de bombeo

Q: Caudal de la conductora (m^3/h)

CDT: Carga Dinámica Total (m)

Ef: Eficiencia de la bomba (%)

Fs: Factor de seguridad para motores de combustión interna (1.2)

6.5. DISEÑO GEOMETRICO

La realización del plano diseñado para el sistema de riego por cañones se presenta en la sección de anexos. El diseño fue elaborado bajo los criterios del dibujo técnico para proyectos de ingeniería y con el programa AutoCAD como herramienta de diseño.

En el proceso del diseño geométrico para el sistema de riego, los factores que se tomaron en cuenta son:

- **La topografía del terreno**

Se determinaron las pendientes o elevaciones a vencer por el equipo de bombeo.

- **Delimitación del área de riego**

Puesto que la configuración geométrica de la finca es de forma irregular la solución para resolver esta problemática fue dividir el sector de riego con trazos perpendiculares a la línea de tubería de conducción, de tal manera que el área de riego quedo configurada de manera regular facilitando la disposición de las tuberías.

- **Marco de riego**

Está conformado por la disposición y distribución de los cañones de riegos estos están establecidos y dimensionados por el diseño hidráulico del sistema.

- **Disposición de tuberías**

El trazado geométrico en planta de las posiciones del lateral, la red de tubería maestra y conductora fue ajustado dentro de los límites del área de riego.

6.6. ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA EL PROYECTO

Se estimaron los costos para obtener la buena formulación del proyecto puesto que es un factor crucial para el futuro del mismo. Estos se clasificaron de manera muy particular dividiéndolos en dos partes, costos de inversión (o pre-operativos) y los costos de operación. Se realizaron matrices en donde se incluyen estos costos y fueron estimados.

6.6.1. Costos de inversión

Los costos de inversión, corresponden a aquellos que se incurren en la adquisición del equipamiento de riego necesario para poner el proyecto en funcionamiento, ponerlo "en marcha" u operativo estos costos son integrados por el cálculo de materiales efectuados en el diseño hidráulico del sistema y dimensionados en el diseño geométrico.

Además, se agregaron los costos en concepto de instalación y mano de obra para la infraestructura del sistema de riego por aspersión que dan origen al proyecto hasta poco antes de la producción del pasto Maralfalfa. También de igual manera se agregaron los costos en concepto del cultivo de pasto por Ha.

6.6.2. Costos operativos

Por otro lado, se estimaron los costos operativos son todos aquellos que se dan desde la puesta en marcha del proyecto hasta el final de su vida útil. A diferencia de los costos de inversión que se dan una sola vez (salvo los costos de reposición), los costos operativos son periódicos.

Se incluyeron las distintas labores culturales desarrolladas para la producción del cultivo de pasto Maralfalfa en todo su ciclo vegetativo y cortes, incluyendo los gastos en insumos y mano de obra para tales labores, para determinar así los costos de producción por Ha de dicho cultivo. (Ver: Costos de Producción - Anexo).

6.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad (\text{Ec.31})$$

Donde:

VPN: Valor presente neto.

FNE: flujo neto de efectivo del año n, que corresponde a la ganancia neta.

P: inversión inicial en el año cero.

i: tasa de referencia que corresponde a la TMAR.

n: Período.

7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

7.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL SUELO

7.1.1. Resultados de análisis físico del suelo

En este estudio se realizaron pruebas físicas a las muestras de suelos recolectadas por los sondeos de campo ejecutados en la zona de estudio donde se localiza la unidad de riego, con el fin de obtener los parámetros e información necesaria que rigen y clasifica al tipo de suelo predominante. Los resultados del análisis físico del suelo se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Resultado del análisis físico del suelo.

Identificación	CC (%)	PMP (%)	Da (gr/cm ³)	Dr (gr/cm ³)	Porosidad (%)	Textura Bouyoucos			
						Ar %	L %	A %	
Monografía Maralfalfa	39.58	21.51	1.2	2.4	50.0	23	27	50	Arcilloso

Nota: % CC (Capacidad de Campo), % PMP (Punto de Marchitez Permanente), Da (Densidad Aparente), Dr (Densidad Real). Fuente: Laboratorio de Edafología UNI-FTC

Los resultados que se presentan en la Tabla 8, se describen a continuación:

- **Textura**

La textura del suelo se refiere a su granulometría, al tamaño de las partículas que lo constituye, es decir por medio del porcentaje de arena, arcilla y limo. De acuerdo con los resultados obtenidos el porcentaje de arcilla fue de 50%, el porcentaje de limo de 27% y el porcentaje de arena de 23%, los cuales con la ayuda del triángulo de texturas (Ver Anexo. Figura 18. Pág. xvii) se determinó la clase textural del suelo, la cual dio como resultado Arcilloso.

- **Densidad aparente**

En cuanto a la densidad aparente del suelo, en los resultados de análisis de laboratorio la densidad aparente, en relación con la textura, es de 1.2 gr/cm³ es una densidad baja (VER TABLA 9).

La densidad aparente es una relación que mide el peso del suelo por unidad de volumen. La densidad aparente es un indicador de que tan suelto o compacto es un suelo, que en nuestro caso es un suelo muy suelto y poroso.

Tabla 9. Densidad Aparente según Textura

TEXTURA	DENSIDAD APARENTE (gr/cm³)
Arena	1.4 – 1.6
Franco	1.3 – 1.4
Arcillas	1.1 – 1.3
Suelos Orgánicos	0.7 – 1.1

Fuente: (Cisneros, 2003).

- **Densidad real**

Los resultados de los análisis físicos de laboratorio indican que la densidad real que presenta el suelo es baja (VER TABLA 10) con un valor de 2.4 gr/cm³, esto es debido a las partículas muy pequeñas con poco espacio de poros, características propias de la textura arcillosa que presenta el tipo de suelo.

Tabla 10. Densidad Real según su Textura

DENSIDAD REAL (gr/cm³)	CLASIFICACIÓN.
< 2.4	Muy bajo
2.4 – 2.60	Bajo
2.60 – 2.80	Medio
>2.80	Alto

Fuente: (Cisneros, 2003).

- **Capacidad de campo (Cc)**

El porcentaje de la capacidad de campo obtenido de las pruebas físicas fue de 39.58 %, es debido a la textura arcillosa del suelo (VER TABLA 11). Además, este resultado nos indica que la capacidad de retención de agua en el suelo es buena, esto quiere decir que los sistemas radiculares de las plantas tendrán un mejor aprovechamiento del agua para su desarrollo.

TABLA 11. Capacidad de Campo del suelo según textura

TEXTURA	% DE HUMEDAD
Arenoso	6 – 12
Franco arenoso	10 – 18
Franco	18 – 26
Franco arcilloso	23 – 31
Arcilloso	31 – 39

Fuente: (Cisneros, 2003).

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

En el laboratorio de Edafología de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), se obtuvieron los resultados de los análisis físicos de suelo donde se encontró que el porcentaje del Punto de Marchitez Permanente fue de 21.51 %; este porcentaje de humedad es moderadamente alta, ya que esta fuera del rango según la textura arcillosa que presenta el tipo de suelo (VER TABLA 12). A partir de este punto, si disminuye el rango del porcentaje de humedad las plantas iniciaran a marchitarse y secarse.

Tabla 12. Punto de Marchitez Permanente según su textura

TEXTURA	% DE HUMEDAD
Arenoso	2 – 6
Franco arenoso	4 – 8
Franco	8 – 12
Franco arcilloso	11 – 15
Arcilloso	15 – 19

Fuente: (Cisneros, 2003)

- **Porcentaje de porosidad**

El porcentaje de porosidad obtenido de las pruebas de laboratorio es de 50 %, esto nos indica que está dentro de rangos porcentuales medios (VER TABLA 13).

Tabla 13. Clasificación de la Porosidad del suelo

UNIDAD %	PROPIEDADES.
< 40	Muy bajo
40 – 45	Bajo
45 – 55	Medio
55 – 65	Alto
> 65	Muy alto

Fuente: (Cisneros, 2003)

Se considera que el porcentaje de porosidad es aceptable permitiendo la aireación de manera moderada y no repercute desfavorablemente en las propiedades físicas del suelo.

Si bien, es cierto que los suelos arcillosos se consideran suelos pesados debido a que absorben y retienen mucha agua, además poseen poco drenaje y aireación. Pero estos tipos de suelos tienen partículas pequeñas con minúsculos espacios de poros o micro poros. Por lo tanto, hay más espacio total poroso.

7.1.2. Resultados de análisis químico del suelo

En este estudio se realizaron análisis químico a las muestras de suelos recolectadas por los sondeos de campo ejecutados en la zona de estudio donde se localiza la unidad de riego, con el fin de obtener los parámetros e información necesaria que rigen y clasifica al tipo de suelo predominante. Los resultados del análisis químico del suelo se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Resultados de los análisis químicos

Ítem	Código	Identificación	pH	CE (mmhos/cm)	P disp. (ppm)	K disp. (meq/100 gr)	MO (%)	Acidez Inter (meq)
1	001	Pasto Maralfalfa	5.92	0.434	18.43	0.322	1.39	0.25

Los resultados que se presentan en la Tabla 14, se describen a continuación:

- **pH**

En los resultados de análisis químico de suelo, el pH fue de 5.92, el cual se clasifica como moderadamente ácido (Ver Tabla 15).

Tabla 15. Clasificación del potencial hidrogeno (pH)

pH	CLASIFICACIÓN
7.0 – 6.0	Ligeramente ácidos
6.0 – 5.0	Moderadamente ácidos
5.0 – 4.0	Fuertemente ácidos
4.0 – 3.0	Muy ácidos
7.0 – 8.0	Ligeramente alcalinos
8.0 – 9.0	Moderadamente alcalinos
9.0 – 10.0	Fuertemente alcalinos
10.0 – 11.0	Muy alcalinos

El pasto Maralfalfa se adapta a este tipo de suelo moderadamente ácido; además, de brindarle un buen efecto de disponibilidad de nutrientes.

- **Fósforo disponible (P_{disp})**

En los resultados de análisis químicos de suelo, el Fósforo disponible fue de 18.43 ppm, este suelo se clasifica como suelo rico (Ver Tabla16).

Tabla 16. Clasificación del suelo según contenido de Fósforo

CLASIFICACIÓN DEL SUELO SEGÚN EL CONTENIDO DE FÓSFORO	
P < 5 ppm	Suelo Pobre
5 ≤ P < 10 ppm	Suelo Medio
P ≥ 10 ppm	Suelo Rico

Fuente: Urbano Terrón P. (1995)

- **Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica en el análisis químico fue de 0.434 mmhos/cm, según la Tabla 17 indica que la salinidad en la muestra de suelo es inapreciable. Esto significa que ningún cultivo se ve afectado en este tipo de suelo.

Tabla 17. Influencia de la Salinidad del suelo según los cultivos

CE (mmhos/cm)	INFLUENCIA SOBRE LOS CULTIVOS.
0 – 2	Inapreciable (todos los cultivos pueden soportarlo)
2 – 4	Ligera (solo afecta a cultivos muy sensible)
4 – 8	Media (tomar precauciones con toda clase de cultivo sensible)
8 – 16	Intensa (solo deben cultivarse especies resistentes)
16 – 20	Muy intensa (solo cultivos excepcionalmente resistentes)

Fuente: Urbano Terrón P. (1995).

- **Contenido de Materia Orgánica (MO)**

La materia orgánica encontrada en el área de estudio es considerada pobre según la Tabla 18.

Tabla 18. Clasificación de la Materia Orgánica para suelos agrícolas

RANGO %	CLASIFICACIÓN.
< 2	Pobre
2 – 4	Medio
> 4	Alto

Fuente: Quintana et al (1983)

El Porcentaje de materia orgánica fue de 1.39% por debajo del rango de 2 % lo que significa que los niveles disponibles de macro y micronutrientes no son los adecuados.

- **Acidez intercambiable**

En los análisis de laboratorio en el caso de los resultados de acidez intercambiable fueron de 0.25 meq y el del pH fue de 5.92 lo que indica que predominan los polímeros de hidroxialuminio, entre los componentes ácidos. La acidez intercambiable casi no existe en este ámbito de pH, por lo que solo hay presente acidez no intercambiable y acidez titulable.

7.1.3. Determinación del contenido nutricional del suelo

✓ Nitrógeno

- **Peso de la hectárea de suelo arable**

$$W = [\text{Area}(\text{m}^2) * \text{Profundidad de muestro}(\text{m}) * \text{Da}(\text{kg}/\text{m}^3)]$$

$$W = [10000(\text{m}^2) * 0.2(\text{m}) * 1200(\text{kg}/\text{m}^3)]$$

$$W = 2,400,000 \text{ kg/ha}$$

- **Cálculo de la materia orgánica del suelo**

El contenido total de materia orgánica presente en el suelo se determina de la siguiente forma:

$$\text{MO} = W * \frac{\% \text{MO}}{100}$$

$$\text{MO} = 2,400,000 \text{ kg/Ha} * \frac{1.38}{100}$$

$$\text{MO} = 33,120 \text{ kg/Ha}$$

- **Cálculo de nitrógeno disponible**

El nitrógeno disponible es el 5% del contenido total de Materia Orgánica presente en el suelo.

$$\text{Ndisp} = \text{MO} * 0.05$$

$$\text{Ndisp} = 33,120 \text{ kg} * 0.05$$

$$\text{Ndisp} = 1,656 \text{ kg/Ha}$$

- **Contenido de nitrógeno asimilable**

Del total del nitrógeno disponible en el suelo, únicamente el 2% es asimilable por el cultivo.

$$\text{Nasim} = \text{Ndisp} * 0.02$$

$$\text{Nasim} = 1,656 \text{ kg} * 0.02$$

$$\text{Nasim} = 33.12 \text{ kg/Ha}$$

33.12 Kg/Ha es la cantidad de nitrógeno asimilable que se encuentra en el suelo.

- **Cálculo de requerimiento por hectárea**

$$\text{Dosis N} = \left[\frac{\text{demanda-oferta}}{\text{ef}} \right] * 100$$

$$\text{Dosis N} = \left[\frac{292.05 - 33.12}{50} \right] * 100$$

$$\text{Dosis N} = 259.38 \text{ kg de N/Ha}$$

Se requiere 259.38 kg de nitrógeno por hectárea para suministrar al pasto.

Fuente de Nitrógeno (Urea al 46%)

$$\text{Urea} = \frac{259.38 - 8}{0.46}$$

$$\text{Urea} = 251.38 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$$

$$\text{Urea} = \frac{251.38}{42.5}$$

$$\text{Urea} = 5.91 \text{ qq} \approx 6 \text{ qq}$$

Como fuente de nitrógeno se aplicara 6 qq de urea al 46 % por hectaria.

✓ **Fosforo.**

- **Fosforo disponible**

El fosforo disponible se determina de la siguiente manera:

$$P = 18.43 \text{ ppm}$$

$$1 \text{ ppm} = \text{mg/ kg de suelo}$$

$$P_2 O_5 = \left[\left(\frac{\text{kg de P}}{\text{kg de suelo}} \right) * (W) * (F_c) \right]$$

$$P_2 O_5 = \left[\left(\frac{18.43}{1 * 106} \right) * (2.2 * 106) * (2.29) \right]$$

$$P_2 O_5 = 92.85 \text{ kg de P/Ha}$$

La cantidad de fosforo disponible en el suelo es de 92.85 kg de fosforo.

- **Cálculo de requerimiento de fosforo por ha.**

$$\text{Dosis P} = \left[\frac{\text{demanda-oferta}}{\text{ef}} \right] * 100$$

$$\text{Dosis P} = \left[\frac{143.07 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} - 92.85 \text{ kg/ha}}{35} \right] * 100$$

Dosis P= 143.50 kg de P/Ha

El requerimiento de fosforo por hectárea es de 143.50 kg de P/Ha

Fuente de Fósforo (18-46-0)

$$\text{DAP} = \frac{143.50}{0.46} = 311.95 \text{ kg/Ha}$$

$$\text{DAP} = \frac{311.95}{42.5}$$

DAP = 7.35 qq \approx 8 qq

Como fuente de fosforo se aplicara 8 qq de DAP (18-46-0).

✓ **Potasio**

- **Cálculo de la cantidad de potasio disponible**

1 peq = peso molecular (pm)/valencia

V = 1

1 peq = 39/1

Según el análisis de suelo, el contenido de potasio es K= 0.322 meq/100 gr de suelo

1 peq K = 39

0.322 meq K= 12.57 mg K/100 gr de suelo se multiplico por 10 para convertir de mg de K/100 gr de suelo a mg de K/kg de suelo

125.67 mg de K/kg de suelo

Se dividió por $1 * 10^6$

$$K_2O = \left[\left(\frac{\text{kg de P}}{\text{kg de suelo}} \right) * (W) * (Fc) \right]$$

$$K_2O = \left[\left(\frac{41,889.9 \text{ kg de K}}{1 * 10^6 \text{ kg de suelo}} \right) * (2.4 * 10^6 \text{ kg de suelo/Ha}) * (1.2) \right]$$

$$K_2O = (0.0418899) (2,640,000)$$

$$K_2O = 361.93 \text{ kg de K/ha}$$

- **Cálculo de requerimiento de potasio por ha**

$$\text{Dosis K} = \left[\frac{\text{demanda-oferta}}{\text{ef}} \right] * 100$$

$$\text{Dosis K} = \left[\frac{120 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} - 361.93 \text{ kg de K/ha}}{60} \right] * 100$$

$$\text{Dosis K} = -403.22 \text{ de K/ha}$$

No se requiere aplicar potasio como nutriente porque la presencia de este elemento en el suelo es excesivo.

De acuerdo a los cálculos realizados anteriormente la dosis de fertilizante para aplicar es la siguiente:

Tabla 19. Resumen de resultados de fertilización.

RESUMEN DE NUTRIENTES		
Nutrientes	contenido de nutrientes disponible (kg/Ha)	Requerimiento (kg/Ha)
Nitrógeno (N)	33.12	113.76
Fosforo (P)	92.85	143.48
Potasio (k)	361.93	No se requiere

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de contenido de nutrientes se interpretan de la forma siguiente:

Nitrógeno (N) – Bajo

Fosforo (P) – Adecuado

Potasio (K) – Alto

Por lo tanto, las dosis de nutrientes que se requieren aplicar de nitrógeno y fosforo son de 113.76 kg/Ha y 143.48 kg/Ha respectivamente. En el caso del potasio (K) no se requiere ya que el contenido disponible en el suelo de este nutriente es muy alto.

7.2 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE VELOCIDAD DE INFILTRACION

La velocidad de infiltración nos da la capacidad del suelo de absorber agua. Al principio (cuando el suelo está más seco) la velocidad de penetración en el suelo es más rápida, pero si seguimos aportando agua, llega un momento en que esta velocidad es más o menos constante. A esta velocidad se la conoce como velocidad de infiltración.

En la prueba de la velocidad de infiltración efectuada en campo se determinó que la infiltración acumulada es de 6.5 cm en el transcurso de 30 minutos a como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Infiltración acumulada ajustada en prueba de suelo

INFILTRACION ACUMULADA AJUSTADA	
Tiempo Acum (min)	Icum Ajus(cm)
1	2.6
2	3.1
3	3.5
5	4.0
6	4.2
10	4.8
12	5.0
14	5.3
16	5.4
18	5.6
20	5.8
25	6.1
30	6.5

Este resultado nos indica la profundidad de la lámina de agua que se infiltró bajo las condiciones de campo.

El resultado de la velocidad de infiltración ajustada es de 3.2 cm/hr a como se aprecia en la Tabla 21. Esta velocidad es la infiltración básica, el flujo de agua que entra en el suelo que disminuye con el tiempo.

Tabla 21. Velocidad de infiltración básica en prueba de suelo

VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr)	
Tiempo Acum (min)	Vi Ajusta (cm/hr)
1	65.2
2	35.3
3	24.7
5	15.7
6	13.4
10	8.5
12	7.3
14	6.3
16	5.6
18	5.1
20	4.6
25	3.8
30	3.2

Consideramos que la velocidad de infiltración es moderadamente rápida según el rango de la magnitud y que se clasifican en la tabla de magnitudes de infiltración (Ver Figura 5. Marco Teórico, Pag 30).

Del resultado obtenido se gráfica la curva de la velocidad de infiltración (Ver Anexo 6, Figura 17, pág. xvi) en donde se aprecia y demuestra como la velocidad de infiltración llega al punto más bajo en la gráfica de infiltración y no varía, es decir, cuando la curva se hace asintótica (es decir casi paralelas al eje de las abscisas) y el valor de infiltración permanece casi constante, este valor se define como infiltración básica.

7.3 RESULTADOS DEL DISEÑO AGRONÓMICO

Para el diseño agronómico unos de los parámetros de gran importancia fue determinar la evapotranspiración de referencia, para estimar el requerimiento hídrico que demanda el pasto Maralfalfa, con el propósito de efectuar y aplicar el riego en el momento adecuado que necesita la planta.

7.3.1 Datos procesados en Cropwat para la Evapotranspiración de referencia

Según el programa Cropwat 8.0, se determinó que la evapotranspiración de referencia es de 6.69 mm/día, correspondiente al mes de marzo, ya que es el periodo donde se presentan altas temperatura en la época de verano por lo que las plantas requieren mayor demanda hídrica.

Tabla 22. Evapotranspiración de referencia (ET_o)

ET _o Penman-Monteith Mensual							
Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ET _o
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m ² /día	mm/día
Enero	23.1	35.1	62	156	12	24	5.55
Febrero	24.6	35	61	181	12	25.8	6.21
Marzo	25.6	35	61	181	12	27.4	6.69
Abril	23.1	34.9	59	164	12	28	6.63
Mayo	26.1	35.4	61	112	12	27.6	6.35
Junio	25.3	34.7	68	78	12	27.2	5.94
Julio	24.1	33.1	70	69	12	27.3	5.68
Agosto	24.4	34.2	67	69	12	27.7	5.85
Septiembre	23.9	33	72	52	12	27.5	5.58
Octubre	24.1	32.8	73	61	12	26.1	5.24
Noviembre	22.7	35	65	86	12	24.3	5.07
Diciembre	22.9	34.8	62	130	12	23.4	5.18
Promedio	24.2	34.4	65	112	12	26.4	5.83

Fuente: Cropwat 8.0.

7.3.2 Estimación de la Evapotranspiración del cultivo (ETc)

Según el cálculo efectuado en la evapotranspiración del cultivo Maralfalfa, se estimó que este llega a tener un déficit hídrico de 9.37 mm/día. En donde se tomó en cuenta el factor de crecimiento (Kc) de 1.40 correspondiente a la fase de crecimiento en que el pasto Maralfalfa demanda más agua.

Imagen 14. Factor de K en fases de crecimientos.

Período semana	King grass morado		King grass verde		Elefante		Maralfalfa	
	ET mm/día	K	ET mm/día	K	ET mm/día	K	ET mm/día	K
1 - 7	2,1	0,50	1,6	0,38	1,8	0,43	1,7	0,55
8 - 14	2,3	0,53	1,9	0,44	1,9	0,44	2,5	0,58
15 - 21	2,5	0,53	2,2	0,47	2	0,42	2,8	0,59
22 - 28	2,9	0,90	2,6	0,81	2,3	0,72	3,2	1,00
29 - 35	3,1	0,66	2,7	0,57	2,7	0,57	3,4	0,72
36 - 42	3,3	0,64	3	0,58	2,9	0,56	3,6	0,70
43 - 49	3,7	0,88	3,5	0,84	3,2	0,76	3,8	0,91
50 - 56	4,0	1,04	3,7	0,97	3,4	0,89	4,1	1,07
57 - 63	4,1	0,91	4	0,89	3,7	0,82	4,7	1,04
64 - 70	4,6	0,87	4,2	0,92	4,1	0,89	5,5	1,20
71 - 77	5,4	1,48	4,8	1,32	5,2	1,43	6,2	1,40
78 - 84	5,1	1,02	4,6	0,92	5	1,00	5,7	1,14
85 - 91	4,9	1,12	4,4	1,01	4,8	1,10	5,2	1,19
92 - 98	4,1	0,93			4,7	1,07	4,5	1,02
99 - 105	3,5	0,68			4,3	0,84	4,2	0,83
106 - 107					4	0,85	4,1	0,86
Total mm	389,2		328,3		372		440,1	

Fuente: (Murillo, Barros, Roncallo, & Arrieta, 2014)

7.3.3 Necesidades hídricas del cultivo

Los datos obtenidos del desarrollo de cálculos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 23. Resultados del diseño agronómico.

RESULTADOS DEL DISEÑO AGRONÓMICO	
ASPECTOS DEL RIEGO	
Norma neta del suelo (Nn)	43.37 mm
Norma Bruta del suelo (Nb)	51.00 mm
Evapotranspiración de Referencia (Eto)	6.69 mm/día
Evapotranspiración del Cultivo (Etc)	9.37 mm/día
Necesidad Bruta del Cultivo (Nb _{cultivo})	11.71 mm/día

Fuente: Elaboración propia.

Se logró estimar que, la norma neta (Nn) y norma bruta del suelo (Nb) tienen valores de 43.36 mm y 51.00 mm respectivamente. En donde la primera es la lámina que se requiere para llevar el suelo a capacidad de campo y la segunda es la lámina de riego que se debe aplicar considerando las pérdidas de agua producto de la eficiencia del método de riego.

Por otro lado, se presenta el resultado de la necesidad bruta del cultivo con valor de 11.71 mm/día, dicho valor se interpreta como el déficit diario de la planta, se calculó para el periodo con temperaturas más altas, tiempo en el que la planta necesita suplir la demanda hídrica por riego para no marchitarse (Ver Anexo 1. Diseño Agronómico, Pág. i-iii).

7.4 DISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR CAÑONES

Para efectos de resultados se desarrollaron una serie de cálculos con ecuaciones y formulas (Ver Anexo 2. Diseño Hidráulico, Pág. iii-vi), para el sistema de riego por aspersión de cañones, se diseñó en base a los parámetros necesarios para que el sistema funcione tomando en cuenta los puntos críticos que generan las pérdidas de presión y conducir el caudal por la red de tubería hacia los cañones de riego.

Los resultados del diseño hidráulico se presentan condensados en las siguientes tablas:

Tabla 24. Disposición de los cañones de riego

DISPOSICIÓN DE LOS CAÑONES DE RIEGO	
Cañón de riego	W-R 57 Mini Cañón Pengüin
Gasto de diseño	0.00170 m ³ /s
Gasto de catalogo	1.77 lps
Radio de alcance	23.217 m
Diámetro efectivo	46 m x 0.55 = 25 m
Área efectiva	18 m x 18 m = 324 m ²
Intensidad de aplicación	16.71 mm/h
Tiempo de puesta	2.60 hrs

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se plantean la disposición de los cañones de riego se propone el uso del mini cañón Pengüin W-R 57 este emite un caudal de 1.77 lps con una presión de trabajo 28.4 PSI, su radio de alcance es de 23.217 m generando un diámetro de hasta 46 m en condiciones ideales. El diámetro efectivo del cañón es 25 m por efecto de la velocidad del viento.

Según el marco de riego de 18 x 18 metros, nos da como resultado un área efectiva de 324 m², a esta superficie se le suministrara 16.71 mm/hr que no es más que la intensidad de aplicación que riega el cañón durante el tiempo de puesta de 2.60 hrs para cumplir con la norma bruta del cultivo.

Cabe señalar que la propuesta del cañón de riego se fundamenta a partir de los resultados obtenidos de la prueba de campo de velocidad de infiltración, la cual se plantea de la siguiente manera:

Intensidad de aplicación = 16.71 mm/hr = 1.671 cm/hr

Velocidad de infiltración = 3.2 cm/hr

Velocidad de infiltración > Intensidad de aplicación

Por lo tanto, el mini cañón de riego propuesto está dentro los parámetros aceptables de infiltración de agua en el suelo.

Tabla 25. Resultados para el marco de la red de tuberías

DISPOSICIÓN Y MARCO DE LA RED DE TUBERIA	
LATERAL	
Espaciamiento entre aspersores	18 m
Nº de posiciones de aspersores	6 posiciones/2 cañones = 3 posiciones
MAESTRA	
Espaciamiento entre laterales	18 m
Nº de posiciones de laterales	18 posiciones a ambos lados de Tmaestra
Nº de posiciones diarias de laterales	2 posiciones x día
Nº de laterales	1 lateral
Tiempo de riego	6 días
Tiempo de cambio	20 min

Para la disposición de la red de tubería para el lateral tenemos como resultado el espaciamiento entre los cañones es de 18 m, los cuales serán ocupados por dos cañones en 6 posiciones a lo largo de la tubería del lateral.

De igual manera la disposición en la tubería maestra, el espaciamiento entre laterales es de 18 m, esto conlleva que del cálculo efectuado para determinar el número de posiciones de laterales en la tubería maestra, tenemos como resultado 18 posiciones de riego en ambos lado de la tubería maestra, estas posiciones son las necesarias para cubrir toda la superficie de riego con el lateral (Ver Anexo 3.2 Diseño Geométrico, pág. viii).

El lateral de riego cubrirá 2 posiciones por día con un tiempo de riego estimada de 6 días.

Tabla 26. Resultados de dimensiones, presiones y caudales para la red de tuberías

RESULTADOS DE DIMENSIONES, PRESIONES Y CAUDALES EN RED DE TUBERIAS	
DIMENCIONES DE LAS TUBERIAS	
Lateral PVC (CDR41)	
Longitud	120 m
Diámetro	2 plg
Maestra PVC (CDR41)	
Longitud	135 m
Diámetro	3 plg
Conductora	
Longitud	126.60 m
Diámetro	3 plg
CAUDALES EN LAS TUBERÍAS	
Lateral	3.54 lps
Maestra	3.54 lps
Conductora	3.54 lps
PRESIONES EN LA RED DE TUBERIAS	
Lateral	
Pérdidas máximas	3.993 m
Pérdidas reales	1.31 m
Carga de energía a la entrada	24.101 m
Maestra	
Pérdidas máximas	5 m
Pérdidas reales	1.08 m
Carga de energía a la entrada	27.42 m
Conductora	
Pérdidas por fricción	1.02 m
Carga de energía a la entrada	34.14 m
EQUIPO DE BOMBEO	
Carga total dinámica	35.63 m
Potencia requerida	3.00 Hp

Para las dimensiones del lateral de riego se diseñó en base a la posición más crítica donde se producen las mayores pérdidas de energía al determinar la longitud y el diámetro de la tubería los cálculos mostraron que el largo de la

tubería lateral es 120 m con un diámetro interno de 2". Este diseño del lateral de riego son los más apropiados para conducir el caudal requerido por los cañones y aplicar el riego.

En el caso del diseño para las dimensiones de la tubería maestra la estimación para el diámetro es de 3" para una longitud de 135 metros de largo la resolución de estos valores demuestran que son los más indicados para conducir el caudal que demanda el lateral de riego.

El flujo del caudal en la red de tubería no varía permanece constante por lo tanto la sumatoria del gasto producido por los cañones propuestos es el mismo para todo el sistema siendo de 3.54 lps para el lateral, tubería maestra y conductora.

En la tubería lateral se determinó aproximadamente que, las Pérdidas máximas y las Pérdidas reales son de 3.99 m y 1.31 m respectivamente. Lo que nos indica que estas son las pérdidas generadas por la tubería y los cañones de riego a lo largo del lateral. También se estimó que a la entrada del lateral la carga es de 24.10 m, esta carga de energía es la que se necesita para vencer las Pérdidas en el lateral.

Por el lado de la tubería maestra en lo que se refiere a las pérdidas máximas y las Pérdidas reales se obtuvieron valores de 5 m y 1.08 m respectivamente lo que significa que estas son las pérdidas de energía que se producen en toda la longitud de dicha tubería tomando en cuenta la estimación de su diámetro para el diseño y disminuir los costos por el tamaño de tubería. Además se obtuvo que la carga de energía a la entrada de la maestra es de 27.42 m, por lo que, podemos deducir que esta es la carga de energía necesaria para vencer las Pérdidas en la tubería maestra.

Los resultados obtenidos de la carga total dinámica es 35.63 m esta carga es la que se necesita para vencer la altura total manométrica y las pérdidas producidas en el sistema de riego por lo que se requiere la potencia de 3 Hp para la operación y abastecimiento del sistema de riego.

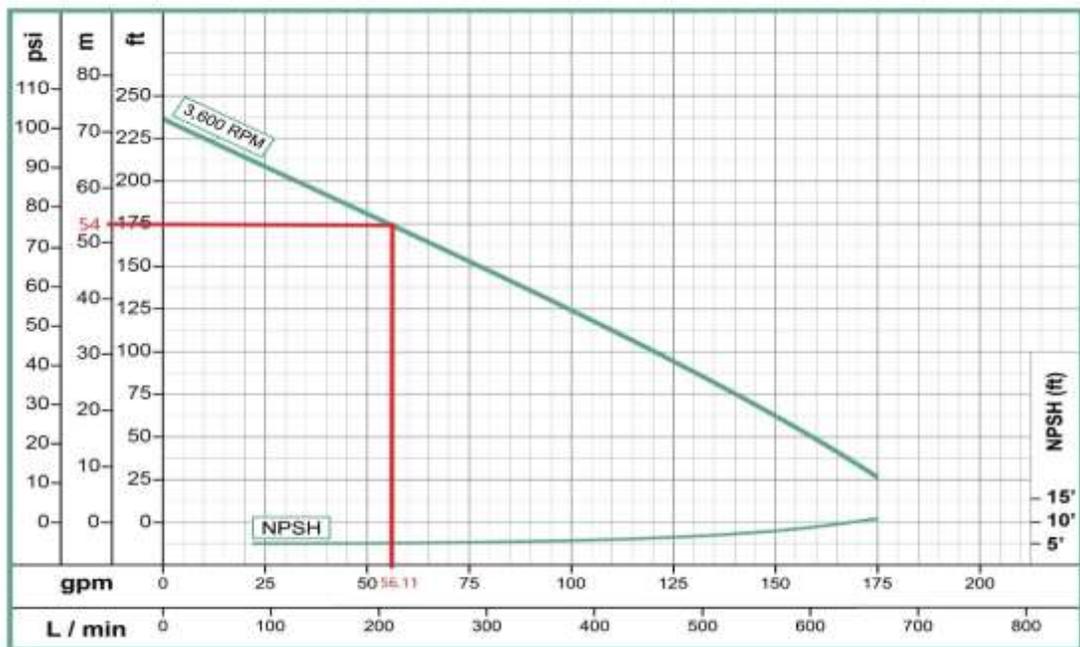
7.4.1 Equipo de bombeo

Se dispone de una bomba centrífuga WDM con las siguientes características:

- Bomba centrífuga, construcción en hierro fundido.
- 3" Succión / 3" Descarga
- Impulsor cerrado en hierro fundido
- Motor Diésel individual.

Con la curva característica de rendimiento correspondiente al modelo de la bomba se procede a indicar la carga de trabajo de la bomba para satisfacer el caudal y la presión de trabajo que requiere el sistema de riego.

Figura 15. Curva característica de la bomba



Fuente: catálogo de bomba WDM

$$Q_M = 3.54 \text{ lps} = 56.11 \text{ gpm}$$

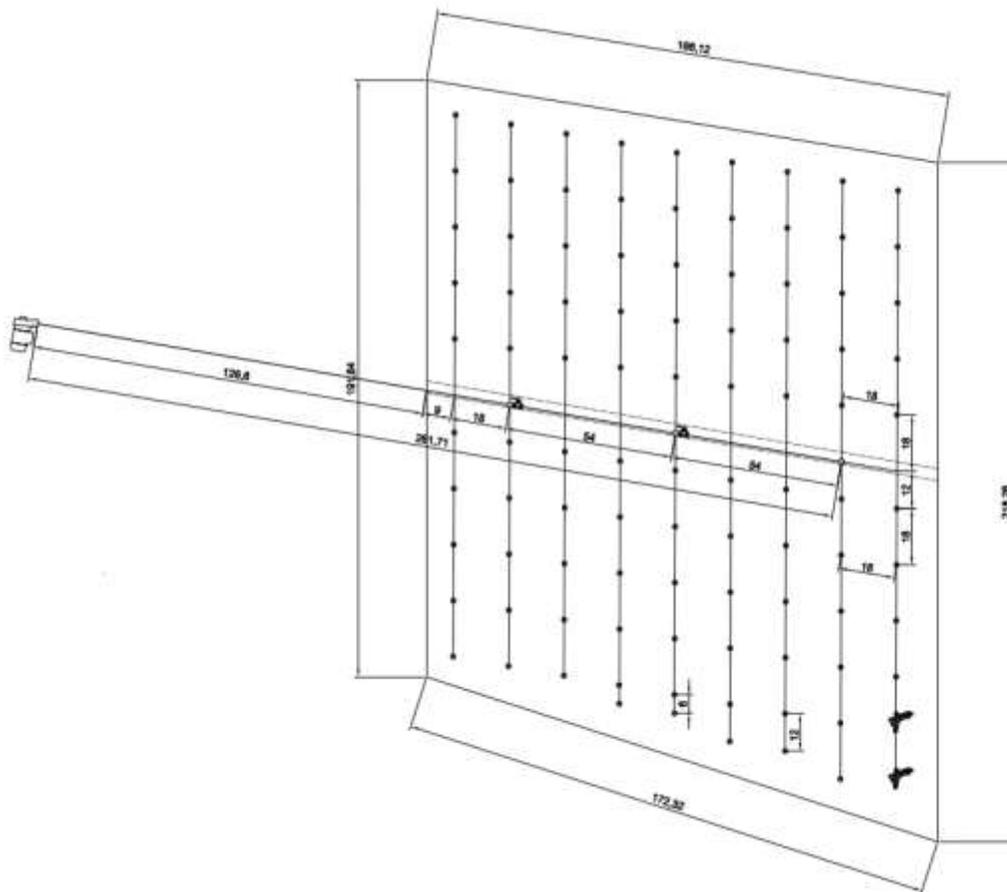
$H_{\text{Bomba}} = 54 \text{ m}$

$H_{\text{Bomba}} > \text{CDT}$

Por lo tanto, la Bomba disponible si cumple con los requerimientos para la operación de trabajo que demanda el sistema de riego.

7.5 DISEÑO GEOMÉTRICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN DE CAÑONES

Figura 16. Esquema de diseño geométrico



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se muestran las dimensiones y estructura de la red de tubería, las posiciones de los cañones sobre la superficie de riego.

La realización del diseño geométrico se elaboró en base a los resultados obtenidos del diseño agronómico e hidráulico. En Anexos 3 (Planos, pág. viii-ix), se presentan con detalle el contenido del diseño geométrico a escala, ellos representan gráficamente las longitudes de la tubería maestra, lateral, los espaciamientos de los hidrantes y el marco de riego de los cañones.

Además, se aprecian la manera de cómo se conforman las instalaciones y uniones de las tuberías, accesorios y el equipo de bombeo.

7.6 COSTOS DE EQUIPAMIENTO Y MATERIALES DEL SISTEMA DE RIEGO

En la Tabla 27, se presenta el listado de materiales obtenidos en base a los cálculos realizados en el diseño hidráulico y cuantificado por el diseño geométrico. Además, se presentan los precios unitarios de cada uno de los materiales y accesorios que constituyen el sistema de riego por cañones (Ver Anexo 10, Proformas, Pág.xxii-xiv).

Tabla 27. Costos de la infraestructura del sistema de riego por cañones

COSTOS DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RIEGO POR CAÑONES				
MATERIALES Y EQUIPOS PARA LA INSTALACIÓN				
UM	Cant.	Descripción	Prec. Unit (C\$)	Total(C\$)
UN	20	Tubo pvc riego móvil 50 mm (2") x 6m	164.22	3284.38
UN	44	Tubo pvc 72 mm (3") x 6m sdr41 cc gr	336.82	14820.17
UN	3	Te lisa pvc 3"x2"	320.21	960.63
UN	1	Rie punt viqua hembra 2"	69.69	69.69
UN	2	Cañon de riego	2560.00	5120.00
UN	1	Rie punt viqua macho 2"	100.93	100.93
UN	2	Elevador 2"x1.80m sdr26	234.77	469.54
UN	1	Tapón final maestra 3" x 3"	151.00	151.00
UN	1	Tapón final 2" x 2"	97.77	97.77
UN	1	Codo pvc 2" x 2"	16.55	16.55
UN	1	Codo pvc 90° 3"x2"	40.50	40.50
UN	3	Codo pvc 90° 2"	16.55	49.65
UN	1	Curva pvc riego móvil 2"	151.69	151.69
UN	3	Válvula de bola pvc 3"	508.36	1525.08
UN	1	Pegamento pvc ¼ galón	266.69	266.69
UN	1	Manómetro glicerina 0-100 psi	480.00	480.00
Sub-Total				27604.27
IVA			0.15	4140.64
Total (C\$)				31,744.91

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 28, se desglosan las actividades o labores de trabajo para instalación del sistema de riego, cuantificadas en sus respectivas unidades de medida y valoradas por sus costos unitarios.

Tabla 28. Mano de obra en la instalación del sistema de riego por aspersión de cañones

MANO DE OBRA EN LA INSTALACION DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION DE CAÑONES				
Actividad	Cantidad	U.M	Prec.Unit (C\$)	Costo Total (C\$)
Limpieza inicial	264	m	10.00	2,640.00
Replanteo trazado y nivelación	264	m	10.00	2,640.00
Excavación de suelo	23.76	m ³	150.00	3,564.00
Unión y pegado de tuberías	44	unidad	4.00	176.00
Unión y pegado de accesorios	8	unidad	4.00	32.00
Relleno y compactación de suelo	22.60	m ³	100.00	2,260.00
TOTAL MANO DE OBRA				11,312.00

Fuente: Elaboración propia

7.7 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Los costos de producción se presentan en la Tabla 29, estos costos fueron obtenidos de los cálculos realizados (Ver Anexo 4. Costos de operación del sistema de riego, pág. x) para determinar los insumos, actividades y labores culturales en el cultivo de pasto Maralfalfa, así como también los gastos de operación y mantenimiento para el sistema de riego.

Tabla 29. Costos de producción de pasto Maralfalfa con riego por cañones de aspersión

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE PASTO MARALFALFA CON RIEGO POR CAÑONES DE ASPERSION				
Finca: EL BRASIL BLANCO		Lugar: SAN FRANCISCO LIBRE, MANAGUA		
Propietario: Leoncio Vanegas		Área de Siembra: 3 Ha		
Descripción	Cantidad	U. M	Prec. Unit. (C\$)	Costo Total (C\$)
INSUMOS				
Tallos	9	Ton	3,200.00	28,800.00
Urea 46 %	6	qq	650.00	3,900.00
18-46-0	8	qq	1010.00	8,080.00
Sub Total Insumos				40,780.00
MANO DE OBRA Y LABORES CULTURALES EN EL CULTIVO DE PASTO MARALFALFA				
Siembra y Tapado	6	D/H	150.00	3,807.00
Fertilización	3	Ha	250.00	750.00
Cosecha: corte y acarreo	68	D/H	150.00	10,200.00
Sub Total Mano de Obra				14,757.00
RIEGO EN PASTO MARALFALFA				
Operación del Sistema de Riego	6	meses		98,761.00
Total				154,298.00

Fuente: Elaboración propia

- **Insumos.**

Se requieren cultivar 3 Ha de pasto Maralfalfa para ello se necesitan 9 toneladas de tallos a un costo de C\$ 28,800.00. Por otro lado se aplicara 6 quintales (qq) de Urea 46% y 8 quintales (qq) de fosfato diamonico 18-46-0 (DAP) como fertilizantes. El costo unitario de la Urea por quintal es de C\$ 650.00 sumando los quintales requeridos se tiene un monto de C\$ 3,900.00. El costo unitario en quintales de fosfato diamonico 18-46-0 (DAP), es de C\$ 1010.00 sumando los quintales requeridos se tiene el costo de C\$ 4,040.00. El sub total en insumos se estima en C\$ 40,780.00.

- **Actividades y labores culturales.**

Para las actividades de siembra y tapado tenemos como resultados que estas tareas se realizan en 6 días hombres (D/H) a un costo de C\$ 150 por día, por tanto el pago para esta actividad es de C\$ 3,807.00.

El costo de fertilización por hectárea (Ha) es de 250 por hectárea (Ha) de tal manera que para realizar esta actividad en 3 hectáreas (Ha) es de C\$ 750.00.

La cosecha está comprendida por las actividades de corte y acarreo estas tareas se realizan en 68 días hombres (D/H) el precio por día es de C\$ 150 por lo que se tiene un costo de C\$ 10,200.00 para pagar esta actividad.

- **El riego en pasto Maralfalfa.**

El sistema de riego operara durante 6 meses y tiene un costo de C\$ 98,761.00 incluye los gastos de mantenimiento y cambio de aceite.

En la Tabla 30. Se presentan los gastos de inversión por la adquisición del ganado en nuestro caso se proyecta comprar 35 novillos con un peso inicial aproximado de 200 Kg para engorde a un costo de C\$ 44.00 por Kg por lo tanto se estima una inversión de C\$ 308,000.00.

Tabla 30. Costos por adquisición de ganado

COSTOS DE COMPRA DE GANADO			
Unidad	Peso de animal (Kg)	Precio por Kg (C\$)	Total (C\$)
35	200	44.00	308,000.00

Fuente: Elaboración propia

7.8 RESULTADOS DE LOS INGRESOS POR PRODUCCION DE PASTO MARALFALFA Y RENDIMIENTOS POR ENGORDE DE GANADO

Los resultados de los ingresos se muestran en la Tabla 31, es una matriz que presenta la ganancia de peso en el ganado, el rendimiento en canal caliente y los ingresos por la venta de pasto Maralfalfa. Estos fueron calculados en función de la producción de pasto Maralfalfa (Ver Anexo 5. Rendimiento de pasto por corte pág. xi), por cada temporada de corte y que suministran el consumo de alimento a los novillos influyendo en el rendimiento promedio de ganancia de peso por cada animal.

- **Ganancia de peso**

Anteriormente en costos de adquisición de ganado se explicó la compra de 35 novillos se requiere engordar con un peso final aproximado de 450 kg obteniendo como resultado un peso total de 15,750 kg.

- **Rendimiento en canal caliente**

El rendimiento en canal caliente es el 50% del peso total teniendo, así un peso de 7,875 Kg por un valor de C\$ 89.00 por Kg, por lo tanto tenemos como resultado un total de C\$ 700,875.00 en ingresos por la venta de ganado.

- **Ingresos por venta de pasto Maralfalfa.**

Los ingresos por la venta de pasto Maralfalfa, se obtiene del excedente en la producción de este mismo. Los rendimientos están dados por ciclos de cortes; en el primer corte tenemos un rendimiento de 240,000 Kg de pasto, la producción en este ciclo se consume totalmente por el ganado por lo tanto no hay excedente. En el segundo corte se tiene un rendimiento de 285,000 Kg, la producción en este ciclo se consume 101,250 Kg por el ganado por lo que se tiene un excedente de 183,750 Kg. En el tercer corte tenemos un rendimiento de 330,000 Kg, la producción en este ciclo no se consume, porque el ganado llega a su peso requerido y es vendido. Por lo tanto suma del excedente por cada ciclo es de 513,750 Kg ofertado por a un valor de C\$ 0.40 el kilogramo, se puede llegar a tener un ingreso de hasta C\$ 205,500.

Tabla 31. Ingresos por producción de pasto Maralfalfa

INGRESOS POR PRODUCCIÓN DE PASTO MARALFALFA				
GANANCIA DE PESO EN GANADO DE ENGORDE				
Peso inicial (kg/animal)	Peso final (kg/animal)	Cantidad animal	Peso total (Kg)	
200	450	35	15,750	
RENDIMIENTO EN CANAL CALIENTE			50%	
Total de kg			7,875 kg	
Precio de kg en canal caliente			C\$ 89.00	
Total neto			C\$ 700,875.00	
INGRESOS POR VENTA DE PASTO MARALFALFA				
Producción de pasto en ciclos de cortes	Rendimiento de pasto (Kg)	Consumo (Kg)	Excedente de pasto (Kg)	Precio por Kg (C\$)
Primer corte	240,000	240,000	0	0.40
Segundo corte	285,000	101,250	183,750	
Tercer corte	330,000	0	330,000	
Total	855,000	341,250	513,750	205,500.00

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 32, se muestra el resumen de los ingresos y gastos de la venta del excedente de pasto Maralfalfa y el ganado en canal caliente, obteniendo ingresos totales de C\$ 906,375.00.

A los ingresos totales se les deducen los gastos totales de C\$ 505,354.91, gasto de transportes por C\$ 28,000.00, teniendo así un sub total de C\$ 373,020.09 el cual se le aplica el 5% en concepto de imprevistos equivalentes a C\$ 18,651.00.

Finalmente después de todas las deducciones se obtienen las utilidades netas siendo de C\$ 354,369.09.

Tabla 32. Resultados de ingresos y gastos

RESUMEN DE INGRESOS Y GASTOS	
Ingresos totales	C\$ 906,375.00
Gastos totales	C\$ 505,354.91
Gastos de transporte	C\$ 28,000.00
Sub total	C\$ 373,020.09
Imprevistos 5%	C\$ 18,651.00
Utilidades netas	C\$ 354,369.09

Fuente: Elaboración Propia

7.9 EVALUACIÓN ECONÓMICA POR EL MÉTODO DEL VALOR PRESENTE NETO (VPN)

La inflación promedio anual de 3.56% se obtuvo promediando las inflaciones correspondientes a los años 2015, 2016, 2017 y la inflación anual proyectada del 2018 por el banco central de Nicaragua (BCN).

Por otro lado, la tasa de riesgo se determinó promediando los precios anuales ponderados en canal caliente de novillos, correspondientes a los años 2016, 2017 y la proyección de precios del 2018 por la Bolsa Agropecuaria de Nicaragua (BAGSA). En donde se logró determinar un incremento anual de 1.42 % en el año 2017 con respecto al año 2016, de igual manera se determinó un incremento anual de 6.20% en el año 2018 con respecto al año 2017. Promediando estas alzas de precios tenemos como resultado 4% de incremento anual, este porcentaje es la referencia equivalente a la tasa de riesgo.

$$\text{TMAR} = i + f + if$$

$$\text{TMAR} = 0.04 + 0.0356 + (0.04 \times 0.0356) = 0.077$$

Dónde:

i: Tasa de riesgo

f: inflación promedio mensual.

$$\text{TMAR} = i$$

Donde:

i: Tasa de rendimiento

La inversión total del proyecto es la suma de los gastos totales, gastos de transporte y los imprevistos, este flujo es el valor en el presente por tanto P equivale a la inversión del proyecto estimada en C\$ 524,033.91. El flujo neto efectivo equivale a las utilidades netas de C\$ 354,369.09

Se determina el valor presente neto del proyecto para 2 años:

$$\text{VPN} = -P + \frac{\text{FNE}_1}{(1+i)^1} + \frac{\text{FNE}_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{\text{FNE}_n}{(1+i)^n}$$

$$\text{VPN} = -524,033.91 + \frac{354,369.09}{(1+0.077)^1} + \frac{354,369.09}{(1+0.077)^2} = 110,508.89$$

VPN > 0 Por tanto el proyecto es económicamente rentable.

8. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados del análisis fisicoquímico realizado al suelo en la finca El Brasil Blanco, se puede concluir que el pasto Maralfalfa tiene la facilidad de establecerse en dicha finca; siendo la textura del suelo Arcillosa, con un pH de 5.92, proporcionando el suelo buena capacidad de retención de humedad, buena aireación debido al alto porcentaje de poros de 50% y un contenido bajo de materia orgánica 1.39%.
- El diseño agronómico se estableció en dependencia de las necesidades hídricas del pasto en su periodo de máxima demanda que corresponde a 9.37 mm/días. En base a estos parámetros posteriormente se calculó el diseño hidráulico para toda la red del sistema, que a su vez, estos resultados nos permitió realizar el diseño geométrico.
- De acuerdo a los resultados de la evaluación económica se determinó que este proyecto es económicamente rentable para el productor o propietario de la finca, generando ingresos para el primer año C\$ 354,369.09 siendo evaluado para dos años con una TMAR de 7.7% calculada en base a la inflación anual promediada de los últimos 5 años en base a datos del Banco Central.

9. RECOMENDACIONES

- Es muy importante tomar en cuenta la calidad de semillas o tallos al momento de la siembra del pasto Maralfalfa, ya que una baja germinación repercute en la densidad de plantas por hectárea, obteniendo bajos rendimientos de materia verde del pasto y por tanto menor productividad por hectárea.
- Se recomienda aplicar y cumplir con las dosis de fertilizantes y nutrientes que se requieren para el desarrollo y crecimiento del pasto, puesto que, en los resultados de los análisis físicos y químicos del suelo, el porcentaje de materia orgánica y nitrógeno son bajos.
- Se recomienda realizar un calendario de riego para suplir la demanda hídrica del pasto Maralfalfa en épocas donde se presentan las mayores necesidades hídricas, en base a los resultados del diseño agronómico del sistema de riego.

BIBLIOGRAFÍA

- Avendaño, J. E. (2008). *Irrigacion*. Obtenido de Irrigacion: <http://irrigacion.weebly.com/>
- Baca, G. (1996). *Evaluacion de proyectos*. Mexico: Mcgraw-Hill Interamericana de Mexico, S.A. de C.V.
- Carreño, J. (2009). *Manual de siembra, cultivo y manejo del pasto Maralfalfa*. Obtenido de Maralfalfa2.com: <http://www.maralfalfa2.com>
- Cisneros, R. (2003). *Apuntes de la materia RIEGO Y DRENAJE*. Mexico.
- FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo*. Roma.
- FAO. (2013). *El manejo del suelo en la produccion de hortalizas con buenas practicas agricolas*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3361s.pdf>
- Favian, A., & Byron, P. (2006). *Diseño y construcción de un cañon de riego por aspersión*. Quito, Ecuador: EPN. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/504>
- Fernández, R., Oyonarte, N., García, J., Yruela, M. d., Milla, M., Ávila, R., & Gavilán, P. (2010). *Manual de riego para agricultores: módulo 3. Riego por aspersión*. Sevilla, Andalucía, España: Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación.
- INETER. (2008). *Caracterizacion Climatica del Departamento de Managua*. Managua.
- JICA-INATEC. (20 de 5 de 2016). <https://www.jica.go.jp/spanish/index.html>. Obtenido de https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Pastos_y_Forraj.es.pdf
- Kerr, I., & Centeno, O. (2012). *Metodología de cálculo del diseño de un sistema de riego por aspersión aplicado al Cultivo del Maíz (Zea Mays L) en el CEA-UNI-FTC*. Managua, Nicaragua: UNI.
- La Prensa. (13 de 04 de 2012). www.laprensa.com.ni. Obtenido de <http://www.laprensa.com.ni/2012/04/13/opinion/97810-la-ganaderia-denicaragua>
- Montealegre, C. C. (2009). *Evaluacion del sistema de riego por cañones del ingenio monte rosa*.
- Mott, R. L. (2006). *Mecanica de Fluidos*.

- Murillo, J., Barros, J., Roncallo, B., & Arrieta, G. (2014). Requerimientos hídricos de cuatro gramíneas de corte para uso eficiente del agua en el Caribe seco colombiano. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 1-7. Obtenido de <http://revista.corpoica.org.co/index.php/revista/article/view/399>
- Parra, A. (2012). *Evaluación del potencial forrajero del pasto Maralfalfa Pennisetum violaceum con diferentes niveles de fertilización de nitrógeno y fósforo con una base estándar de potasio*.
- Pereira, L., Valero, J., Picornell, M. J., & Tarjuelo, J. M. (2010). Sistemas de Cañones Móviles. En *El Riego y sus Tecnologías* (págs. 194-204). Albacete: Editora Europa-América.
- Ruck, L., García, F., Kaplan, A., Ponce de León, J., & Hil, M. (2004). *bibliofagro.pbworks.com*. Obtenido de [bibliofagro.pbworks.com: http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf](http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf)
- SCR-USDA. (2015). *Manual de Pastos y Forrajes* (Pascal Chaput ed.). Managua, Nicaragua. Obtenido de www.crs.org/nicaragua/
- Universidad de Sevilla. (2017). *Open course ware Universidad de Sevilla*. Obtenido de <http://ocwus.us.es>: http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%209.%20Riego%20por%20aspersion/page_01.htm/
- Velázquez, A. (2012). *Comparación del cañon viajero contra el cañon estacionario en riego por aspersión*. Buena vista.
- Villalobos, C. (1998). *Diseño y evaluación de sistema de riego de alta presión en el lote N° 080 del ingenio Victoria de Julio*. Managua.

ANEXOS

ANEXO 1. DISEÑO AGRONÓMICO

- **Norma neta del suelo**

$$Nn = 100 * Da * Hr * (Cc - PMP) * 2/3$$

$$Nn = 100 * 1.2 * 0.30 * (39.58 - 21.51) * \frac{2}{3} = 433.68 \frac{m^3}{ha} = 43.368 \text{ mm}$$

- **Norma bruta del suelo**

$$Nb = \frac{Nn}{Ef}$$

$$Nb = \frac{43.368 \text{ mm}}{0.85} = 51.0 \text{ mm}$$

- **Evapotranspiración del cultivo**

$$Etc = Eto * Kc$$

$$ETc = 6.69 \text{ mm/día} * 1.40 = 9.366 \text{ mm/día}$$

- **Necesidad bruta del cultivo.**

$$Nb_{\text{cultivo}} = \frac{Uc}{Ef}$$

$$Nb = \frac{9.37 \text{ mm/día}}{0.8} = 11.71 \text{ mm/día}$$

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS EL ASPERSOR

- **Gasto real**

$$q_{\text{real}} = 0.0017 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Obtenido del catálogo del Fabricante.}$$

- **Gasto Teórico**

$$q_{\text{o teórico}} = 3.84 \cdot D^2 \cdot \sqrt{h_o}$$

$$q_{\text{o teórico}} = 3.84 \cdot 0.010^2 + 0.004^2 \cdot \sqrt{19.98} = 0.00180 \text{ m}^2/\text{s}$$

- **Coficiente de gasto del aspersor**

$$C_g = \frac{\text{Gasto Real}}{\text{Gasto Teórico}} \quad C_g = \frac{0.0017 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00180 \text{ m}^3/\text{s}} = 0.944$$

- **Radio de Alcance**

$$R = 1.55 \cdot h_o \cdot \left(1 - \frac{0.95 \cdot h_o}{4.9 + h_o} \right) \cdot \sqrt{1000 \cdot d}$$

$$R = 1.55 \cdot 19.98 \text{ m} \cdot \left(1 - \frac{0.95 \cdot 19.98 \text{ m}}{4.9 + 19.98 \text{ m}} \right) \cdot \sqrt{1000 \cdot (0.010)} = 23.217 \text{ m}$$

- **Diámetro efectivo**

$$D = 2R = 46.434 \text{ m} \approx 46.00 \text{ m} \quad 0.55D = 25.30 \text{ m} \approx 25.00 \text{ m}$$

- **Área efectiva**

$$A_{\text{Efectiva}} = E_a \cdot E_l \quad A_{\text{Efectiva}} = 18 \text{ m} \cdot 18 \text{ m} = 324 \text{ m}^2$$

- **Intensidad de aplicación**

$$i_{a \text{ neta}} = \frac{3600 q_o * E_f}{A_{\text{Efectiva}}}$$

$$i_{a \text{ neta}} = \frac{3600 * 1.77 \text{ lps}}{324 \text{ m}^2} * 0.85 = 16.71 \text{ mm/h}$$

- **Tiempo de puesta**

$$T_p = \frac{N_n}{i_a} \quad T_p = \frac{43.368 \text{ mm}}{16.71 \text{ mm/hr}} = 2.60 \text{ hr}$$

- **Tiempo de riego**

$$T_r = \frac{N_b}{E T_c} \quad T_r = \frac{51.00 \text{ mm}}{9.37 \text{ mm/día}} = 5.49 \text{ días} \approx 6.00 \text{ días}$$

ANEXO 2. DISEÑO HIDRÁULICO

DISEÑO DE LA TUBERÍA LATERAL

- **Cálculo del número de tubos**

$$\#_{\text{TUBOS}} = \frac{L_{\text{LATERAL}}}{L_{\text{COMERCIAL}}} \quad \#_{\text{TUBOS}} = \frac{108\text{m}}{6\text{m}} = 18 \text{ Tubos}$$

- **Cálculo de número de posiciones del cañón en la tubería lateral**

$$N = \frac{L_{\text{LATERAL}}}{E_a} \quad N = \frac{108}{18} = 6 \text{ Posiciones.}$$

- **Cálculo del gasto del lateral**

$$Q_{\text{LATERAL}} = q_{\text{Aspersor}} * N \quad Q_{\text{LATERAL}} = 1.77 \text{ lps} * 2 = 3.54 \text{ lps}$$

- **Pérdidas máximas**

$$h_f = 0.20 \text{ ho} \quad h_f = 0.20 * 20 \text{ m} = 4 \text{ m}$$

- **Coefficiente de rozamiento**

$$K_L = \frac{1742}{150^{1.852}} = 0.1625$$

- **Cálculo del diámetro de la tubería lateral**

$$D_{\text{Diseño}} = \left[\frac{Z \cdot K_L \cdot q^{1.852} \cdot L}{h_{f_{\text{MÁX}}}} \right]^{\frac{1}{4.87}} \quad D_{\text{Diseño}} = \left[\frac{4.6 \cdot 0.1625 \cdot 1.77 \text{ lps}^{1.852} \cdot 18 \text{ m}}{4 \text{ m}} \right]^{\frac{1}{4.87}} = 1.59'' \approx 2''$$

- **Cálculo de las pérdidas reales**

$$h_{f_{\text{REAL}}} = 0.20 h_0 \cdot \left(\frac{d_{\text{Diseño}}}{d_{\text{Comercial}}} \right)^{4.87} \quad h_{f_{\text{REAL}}} = 0.20 (20 \text{ m}) \cdot \left(\frac{1.59'' \text{ Diseño}}{2'' \text{ Comercial}} \right)^{4.87} = 1.31 \text{ m}$$

- **Carga de energía a la entrada del lateral**

$$H_L = H_N + h_{\text{ELEV}} + \Delta Z \quad (\text{Ec. 20})$$

Donde:

$$H_N = h_0 + 0.75 \times h_{\text{REAL}}$$

$$H_N = 20 + (0.75 \times 1.31 \text{ m}) = 20.981 \text{ m}$$

$$H_L = 20.981 \text{ m} + 1.80 \text{ m} + 1.32 \text{ m} = 24.10 \text{ m}$$

DISEÑO DE LA TUBERÍA MAESTRA

- **Cálculo de número de posiciones de laterales en la maestra**

Lateral moviéndose a ambos lados de la maestra

$$P_L = \frac{2L_{\text{MAESTRA}}}{E_L} \quad P_L = \frac{2(162 \text{ m})}{18} = 18$$

- **Cálculo de número de posiciones diarias del lateral**

$$P_{dL} = \frac{\text{Jornada}}{(t_p + t_c) \times (N/2)} \quad P_{dL} = \frac{16 \text{ hr}}{(2.60 \text{ hr} + 0.33 \text{ hr}) \times 3} = 1.80 \approx 2 \text{ posiciones}$$

- **Cálculo del número de laterales**

$$N_L = \frac{P_L}{P_{dL} * T_R} \qquad N_L = \frac{18}{2 * 6 \text{ día}} = 1.5 \approx 1 \text{ lateral}$$

- **Cálculo del caudal en la tubería maestra**

$$Q_M = N_L * Q_L \qquad Q_M = 1 * 3.54 \text{ lps} = 3.54 \text{ lps}$$

- **Cálculo de las pérdidas máximas.**

$$H_{F_{\max}} = 0.25 * h_o \qquad H_{F_{\max}} = 0.25 * 20 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

- **Cálculo del diámetro de la tubería**

$$hf = \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{Q^{1.852}}{d^{4.87}} * L \qquad hf = \frac{1742}{150^{1.852}} * \frac{3.54^{1.852}}{3^{4.87}} * 135 \text{ m} = 1.08 \text{ m}$$

Por tanteo asumiendo diámetro de 3" las pérdidas por fricción son menores a las Pérdidas máximas.

- **Carga en la entrada de la tubería maestra**

$$H_{MAESTRA} = H_L + hf_{MAESTRA} + hf_{ACCESORIOS} + \Delta Z$$

Donde:

$$hf_{ACCESORIOS} = 0.10(hf_{REALES} + hf_{MAESTRA})$$

$$hf_{ACCESORIOS} = 0.10(1.31 + 1.08) = 0.24 \text{ m}$$

$$H_{MAESTRA} = 24.10 \text{ m} + 1.08 \text{ m} + 0.24 \text{ m} + 2.00 \text{ m} = 27.42 \text{ m}$$

- **Cálculo de pérdidas en la tubería conductora**

$$hf = \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{Q^{1.852}}{d^{4.87}} * L \qquad hf = \frac{1742}{150^{1.852}} * \frac{3.54^{1.852}}{3^{4.87}} * 126.25 \text{ m} = 1.02 \text{ m}$$

- **Carga en la entrada de la tubería conductora**

$$H_{\text{CONDUCTORA}} = H_{\text{MAESTRA}} + h_{f_{\text{CONDUCTORA}}} + \Delta Z$$

$$H_{\text{CONDUCTORA}} = 27.42 + 1.02 \text{ m} + 5.70 \text{ m} = 34.14 \text{ m}$$

- **Carga dinámica total**

$$\text{CDT} = H_{\text{conductora}} + \Delta H + h_{f_{\text{succión}}} \quad h_{f_{\text{succión}}} = 1.42 * 5\% = 0.071$$

$$\text{CDT} = 34.14 \text{ m} + 1.42 \text{ m} + 0.071 = 35.63 \text{ m}$$

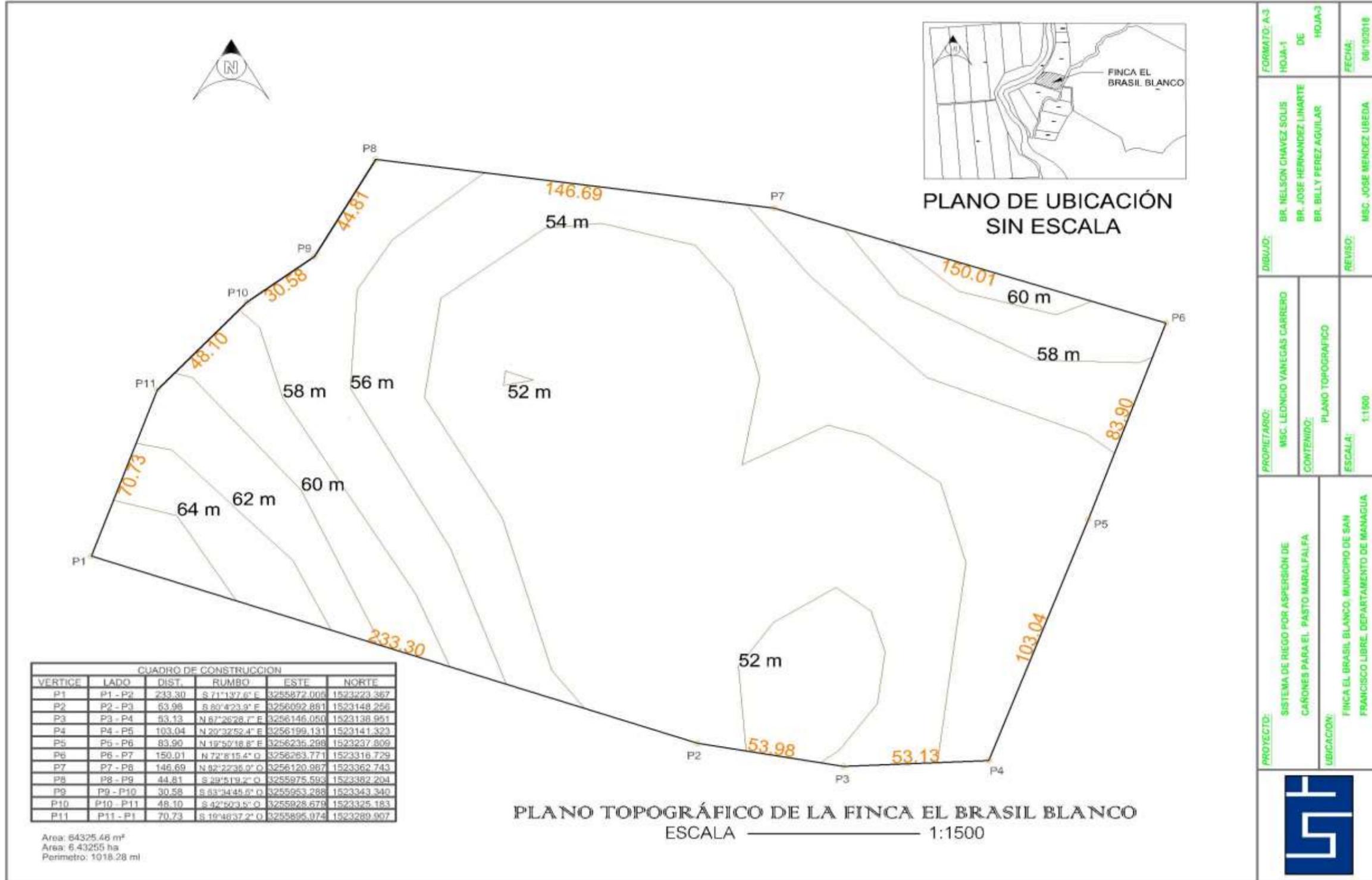
- **Cálculo de la potencia de bombeo**

$$H_p = \frac{Q * \text{CDT}}{270 * E_f} * F_s$$

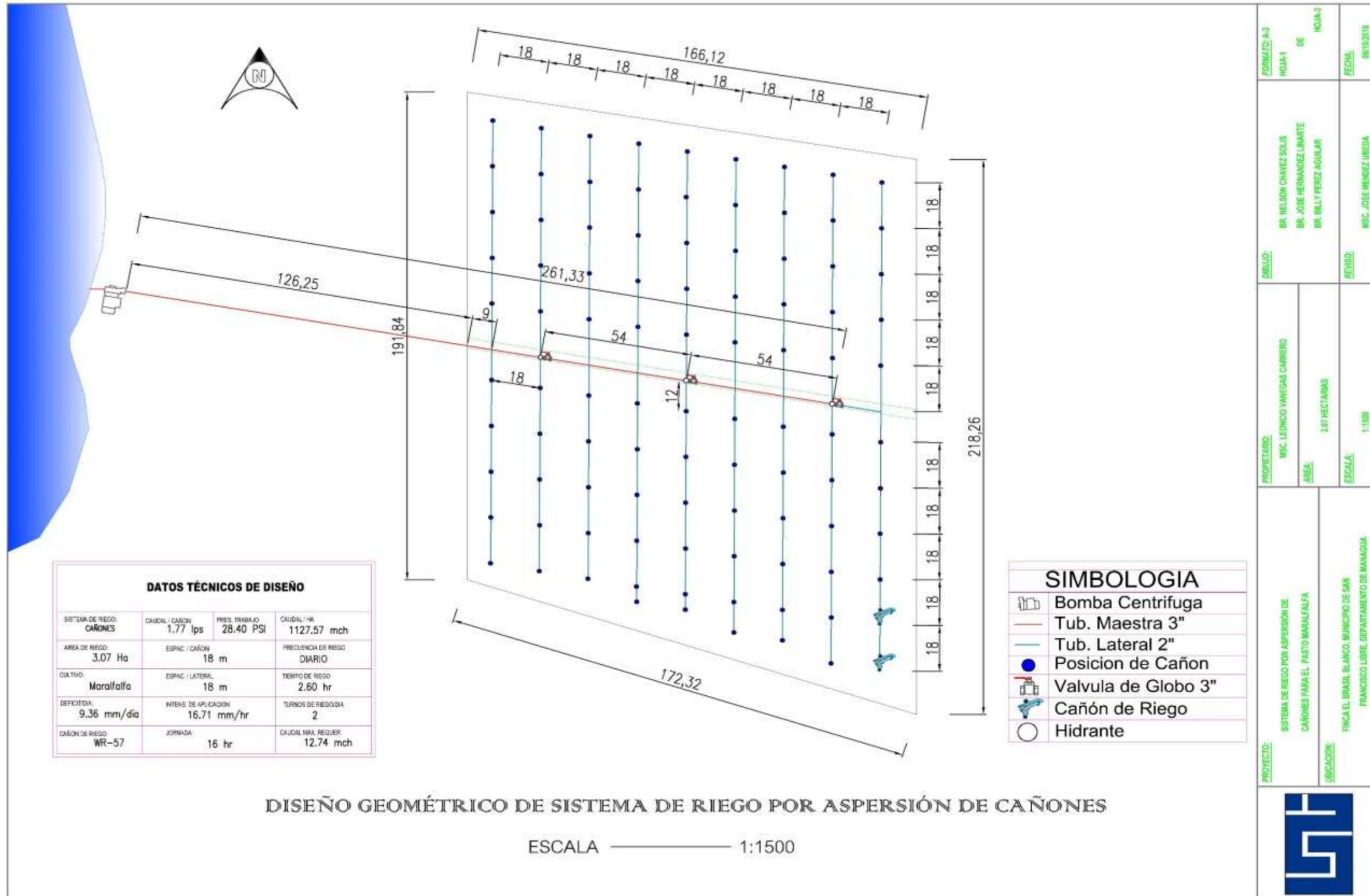
$$H_p = \frac{12.744 * 35.63}{270 * 0.75} * 1.2 = 2.70 \approx 3 \text{ Hp}$$

ANEXO 3. PLANO

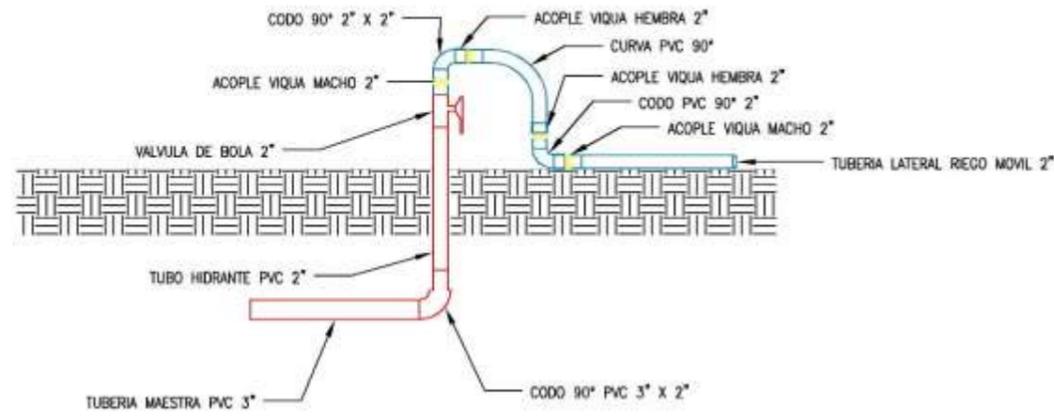
3.1 PLANO TOPOGRAFICO



3.2 DISEÑO GEOMÉTRICO

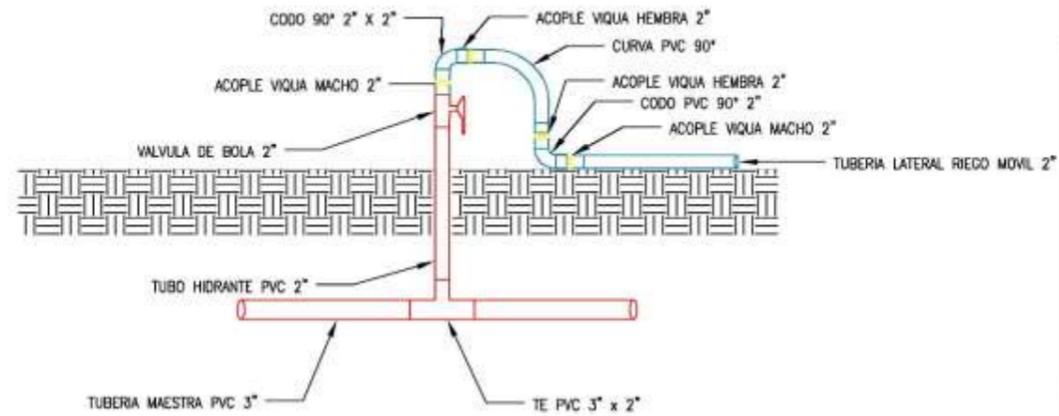


3.3 DETALLES DE INSTALACION DE TUBERIAS Y EQUIPO DE BOMBEO



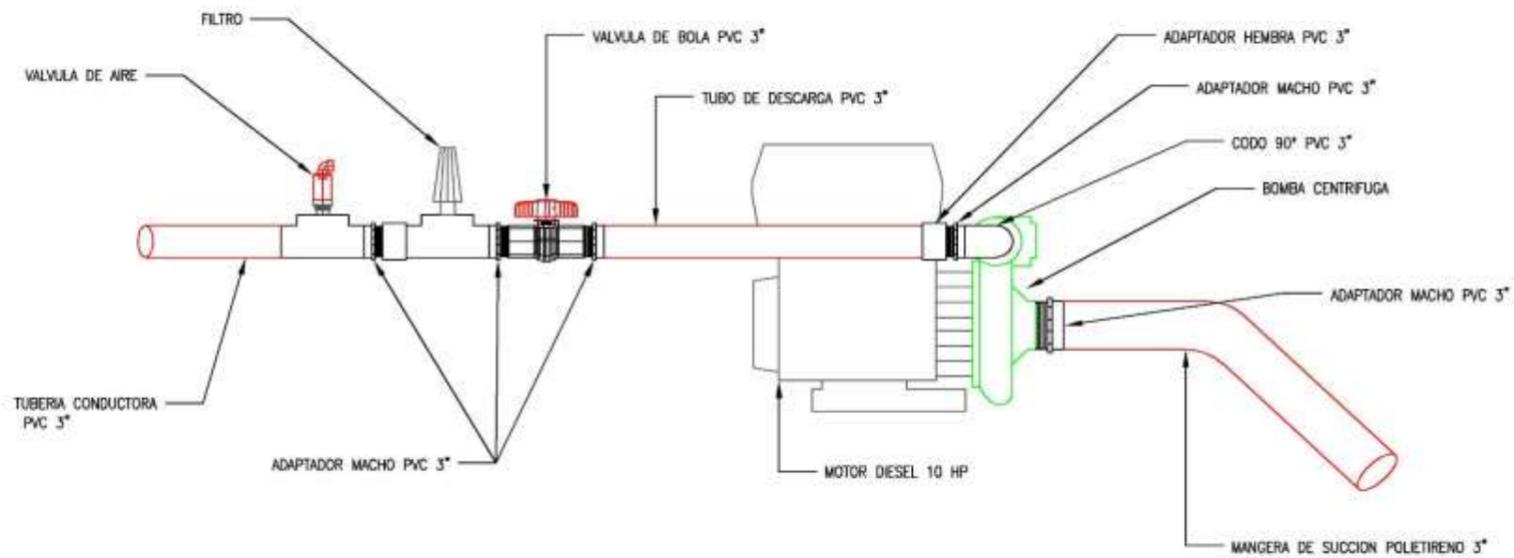
INSTALACIÓN DE ULTIMO HIDRANTE CON LATERAL

ESCALA: SIN:ESCALA



INSTALACIÓN HIDRANTE CON LATERAL

ESCALA: SIN:ESCALA



INSTALACIÓN DE CABEZAL DE RIEGO

ESCALA: SIN:ESCALA

PROYECTO:	SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN DE CÁRDENAS PARA EL PASTO MRAUTANEA	PROPIETARIO:	MSC. LEONCIO VAREGAS CABRERO	DIBUJO:	MR. NELSON CHAVEZ SOLIS MR. JOSE HERNANDEZ JIMARTE MR. BILLY PEREZ AGUIAR	FORMATO: A-3 HOJA: 1 DE HOJA: 3	
UBICACION:	FINCA EL BRASIL BLANCO, MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LIBRE, DEPARTAMENTO DE MANAGUA	CONTENIDO:	DETALLES DE INSTALACIONES DE TUBERIAS Y EQUIPAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO	REVISO:	MSC. JOSE HERNANDEZ UBEDA	FECHA:	08/10/2018
		ESCALA:	1:100				



ANEXO 4. COSTOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

Cálculo de operación y explotación del sistema de riego

Datos:

Tr= 9 hr/día

Arancel de regador= C\$ 200 diarios

Cambio de aceite= C/12 días

Consumo de combustible= 1 gl en 3 hrs

Aceite

$$\text{consumo} = \frac{180 \text{ días}}{12}$$

consumo=15 cambios

consumo total=15 cambios*1.4 lts

consumo total=21 lts

costo=21 lts*C\$200

costo=C\$ 4,200

Combustible

Consumo= 3 gls *180 días

Consumo= 540 gls = 2044 lts en 6 meses de riego

Costos = 2044 lts * C\$ 31.00

Costos = C\$ 63,361.00

Salario de regador

Pago mensual=26*C\$200

Costo=C\$5,200

Pago por los 6 meses de riego=6 * C\$5,200

Pago por los 6 meses de riego=C\$31,200

ANEXO 5. RENDIMIENTO DE PASTO POR CORTE

Rendimiento de pasto

1. 80,000 Kg/ha
2. 95,000 Kg/ha
3. 110,000 Kg/ha

Dando un total de 285,000 Kg/ha

Multiplicamos por el área total de cultivo siendo 3 ha, dando como resultado a 855,000 Kg/ciclo.

Consumo promedio de novillos.

El productor se dispone a la compra de 35 novillos de 200 kg, se propone como meta que alcance un peso de 450 kg. Para lograr esto se sabe que el animal consume el 12 % de su peso vivo dando como resultado un consumo de 24 kg en un inicio, al llegar a los 450 kg el animal consumirá 54 kg, teniendo como media 39 kg/día.

consumo total diario=39 kg/dia *35

consumo total diario=1365 kg/dia

consumo total= $1365 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} * 250 \text{ dias}$

consumo total=341,250 kg = 341.25 tn

Excedente de producción de pasto

Excedente=855 tn-341.25 tn

Excedente=513.75 tn

Se propone que el excedente de la producción se comercialice como otra alternativa de fuente de ingresos, teniendo un coste de C\$ 400 por tonelada, obteniendo un beneficio de C\$ 205 500.

ANEXO 6. PRUEBA DE VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

Resultados de pruebas de campo y laboratorios

Tabla 32. Prueba de velocidad de infiltración

HOJA DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS							
HORA	LECTURA	TIEMPO (min)		LAMINA INFILTRADA (cm)		VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr)	
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	Instantánea	Acumulado
09:50	2.7	1	1	2.7	2.7	162	162.0
09:51	3.2	1	2	0.5	3.2	30	96.0
09:52	3.5/1	1	3	0.3	3.5	18	70.0
09:54	1.2	2	5	0.2	3.7	6	44.4
09:55	1.5	1	6	0.3	4	18	40.0
10:00	1.9	4	10	0.4	4.8	6	28.8
10:02	2.1	2	12	0.2	5	6	25.0
10:04	2.3	2	14	0.2	5.2	6	22.3
10:06	2.4	2	16	0.1	5.3	3	19.9
10:08	2.5	2	18	0.1	5.4	3	18.0
10:10	2.6	2	20	0.6	6	18	18.0
10:15	2.9	5	25	0.4	6.4	4.8	15.4
10:20	3.3	5	30	0.4	6.8	4.8	13.6

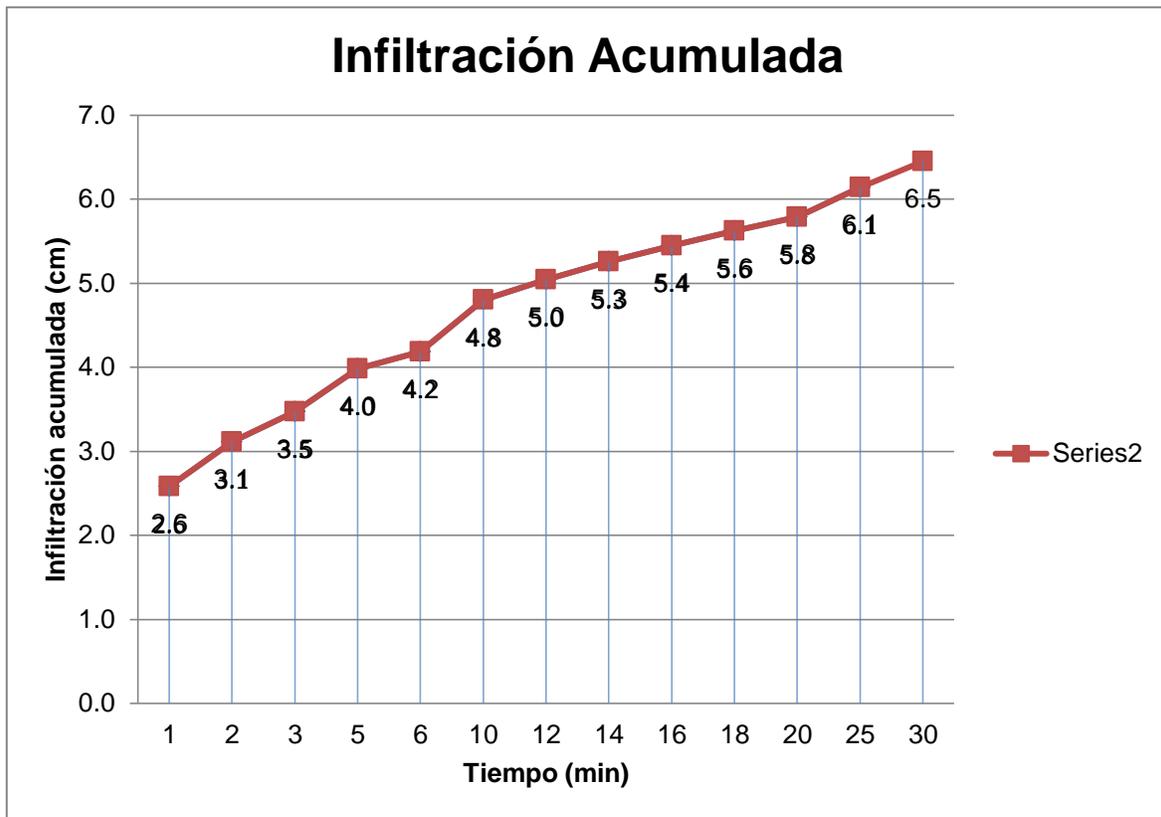
Fuente: Obtenidas de campo.

Tabla 33. Ajustes de datos por el método de los mínimos cuadrados

TABLA DE AJUSTE DE DATOS POR EL METODO DE LOS MINIMOS CUADRADOS							
No	Tiempo Acum (min)	Lacum (cm)	Log T (X)	Log Lacum (Y)	X ²	Y ²	XY
1	1	2.7	0	0.431363764	0	0.1860747	0
2	2	3.2	0.301029996	0.505149978	0.090619058	0.2551765	0.152065296
3	3	3.5	0.477121255	0.544068044	0.227644692	0.29601004	0.259586428
4	5	3.7	0.698970004	0.568201724	0.488559067	0.3228532	0.397155962
5	6	4	0.77815125	0.602059991	0.605519368	0.36247623	0.468493735
6	10	4.8	1	0.681241237	1	0.46408962	0.681241237
7	12	5	1.079181246	0.698970004	1.164632162	0.48855907	0.75431532
8	14	5.2	1.146128036	0.716003344	1.313609474	0.51266079	0.820631506
9	16	5.3	1.204119983	0.72427587	1.449904933	0.52457554	0.872115048
10	18	5.4	1.255272505	0.73239376	1.575709062	0.53640062	0.91935375
11	20	6	1.301029996	0.77815125	1.69267905	0.60551937	1.012398118
12	25	6.4	1.397940009	0.806179974	1.954236268	0.64992615	1.12699124
13	30	6.8	1.477121255	0.832508913	2.181887201	0.69307109	1.22971661
		Σ	12.1160655	8.620567854	13.7450003	5.89739291	8.694064248

Fuente: Obtenidas en campo

Figura 16. Curva de infiltración acumulada



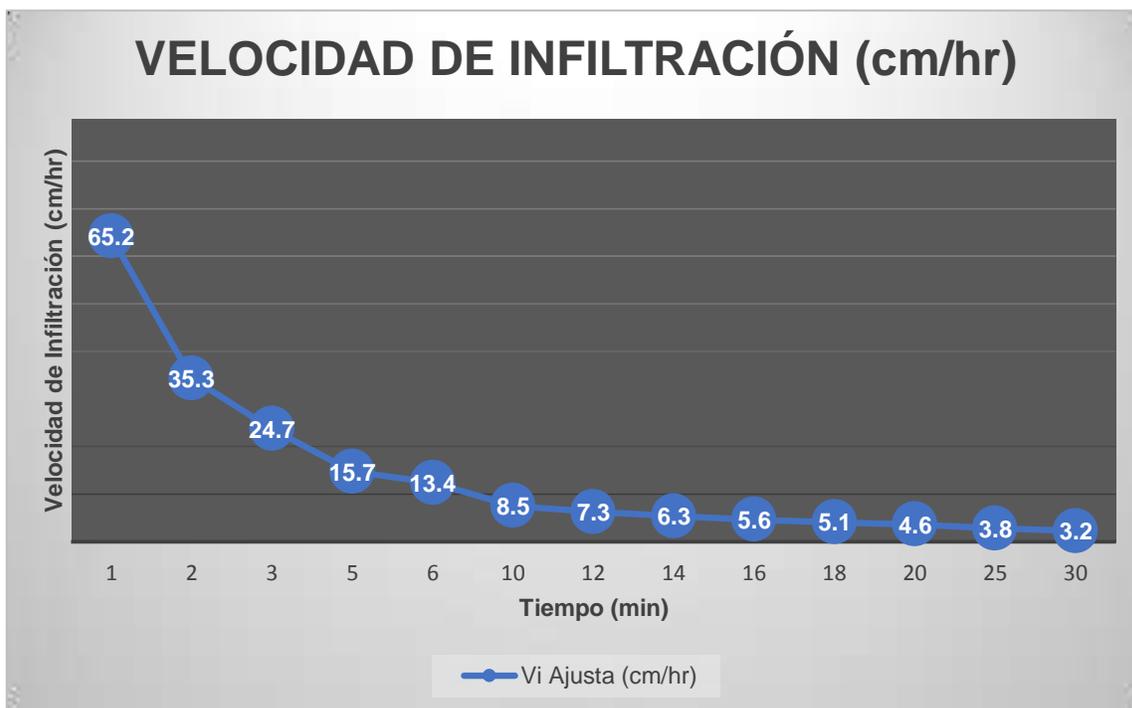
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Ajustes de datos por el método de los mínimos cuadrados

TABLA DE AJUSTE DE DATOS POR EL MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS							
No	Tiempo Acum (min)	I inst (cm/hr)	Log T (X)	Log Lacum (Y)	X²	Y²	XY
1	1	162	0	2.209515015	0	4.8819566	0
2	2	30	0.30103	1.477121255	0.09061906	2.1818872	0.4446578
3	3	18	0.47712125	1.255272505	0.22764469	1.57570906	0.59891719
4	5	6	0.69897	0.77815125	0.48855907	0.60551937	0.54390438
5	6	18	0.77815125	1.255272505	0.60551937	1.57570906	0.97679187
6	10	6	1	0.77815125	1	0.60551937	0.77815125
7	12	6	1.07918125	0.77815125	1.16463216	0.60551937	0.83976624
8	14	6	1.14612804	0.77815125	1.31360947	0.60551937	0.89186096
9	16	3	1.20411998	0.477121255	1.44990493	0.22764469	0.57451124
10	18	3	1.25527251	0.477121255	1.57570906	0.22764469	0.59891719
11	20	18	1.30103	1.255272505	1.69267905	1.57570906	1.63314718
12	25	4.8	1.39794001	0.681241237	1.95423627	0.46408962	0.95233438
13	30	4.8	1.47712125	0.681241237	2.1818872	0.46408962	1.00627591
		Σ	12.11606553	12.88178377	13.74500033	15.59651709	9.839235604

Fuente: Obtenidas en campo.

Figura 17. Curva de velocidad de infiltración



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 7. RESULTADOS DE ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DEL SUELO.

Ítem	código	Identificación	CC (%)	PMP (%)	Da (gr/cm ³)	Dr (gr/cm ³)	Porosidad (%)	Textura Bouyoucos			
								Ar %	L %	A %	
1	001	Monografía Maralfalfa	39.58	21.51	1.2	2.4	50.0	23	27	50	Arcilloso

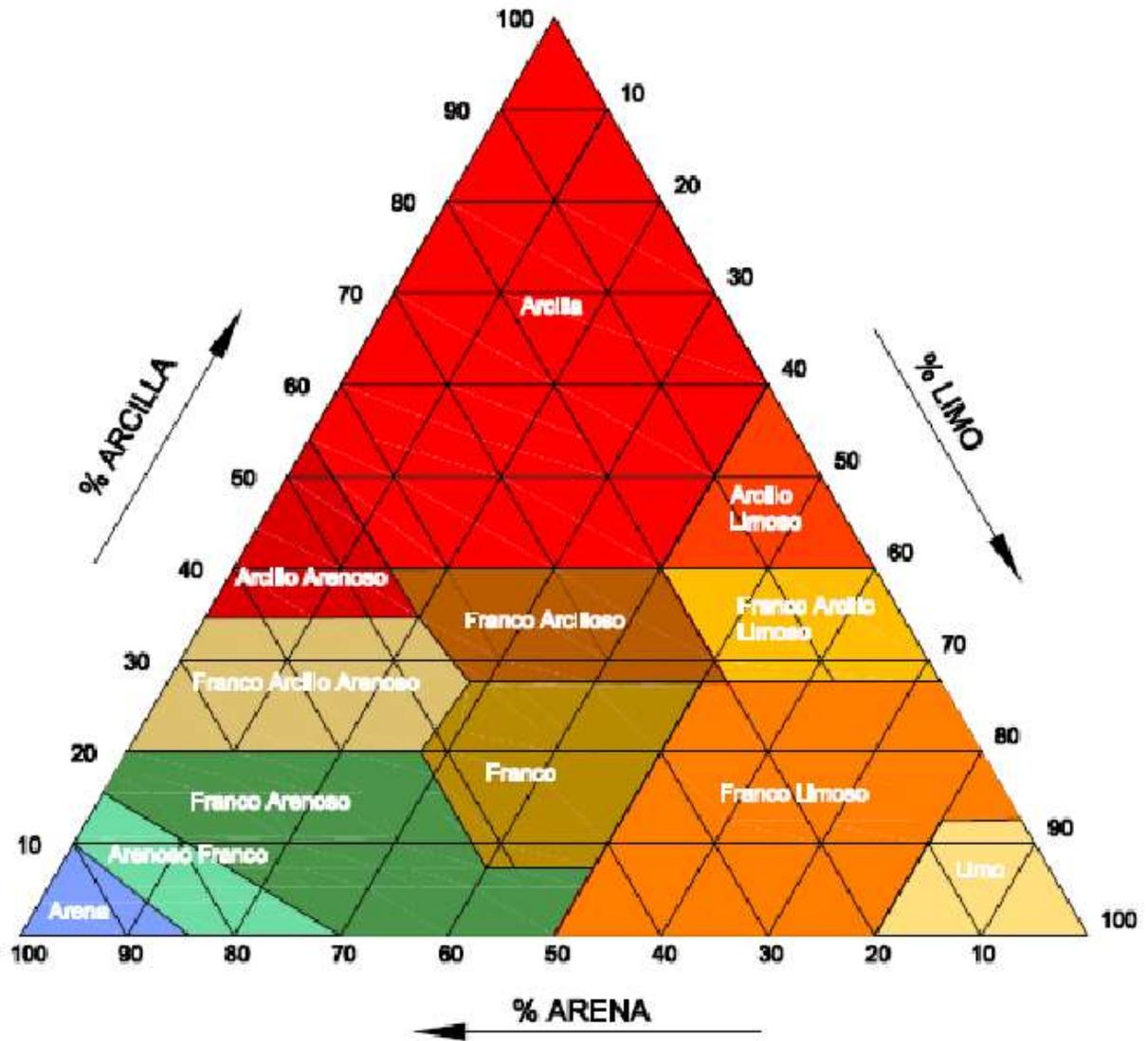
Tabla 35. Resultados de laboratorio del análisis físico de suelo.

Fuente: Laboratorio de edafología UNI-FTC.

Tabla 36. Resultados de laboratorio del análisis químico de suelo.

Ítem	Código	Identificación	pH	CE (μ/cm)	P disp. (ppm)	K disp. (meq/100 gr)	MO (%)	Acidez Inter (meq)
1	001	Monografía	5.92	43.4	18.43	0.322	1.39	0.25

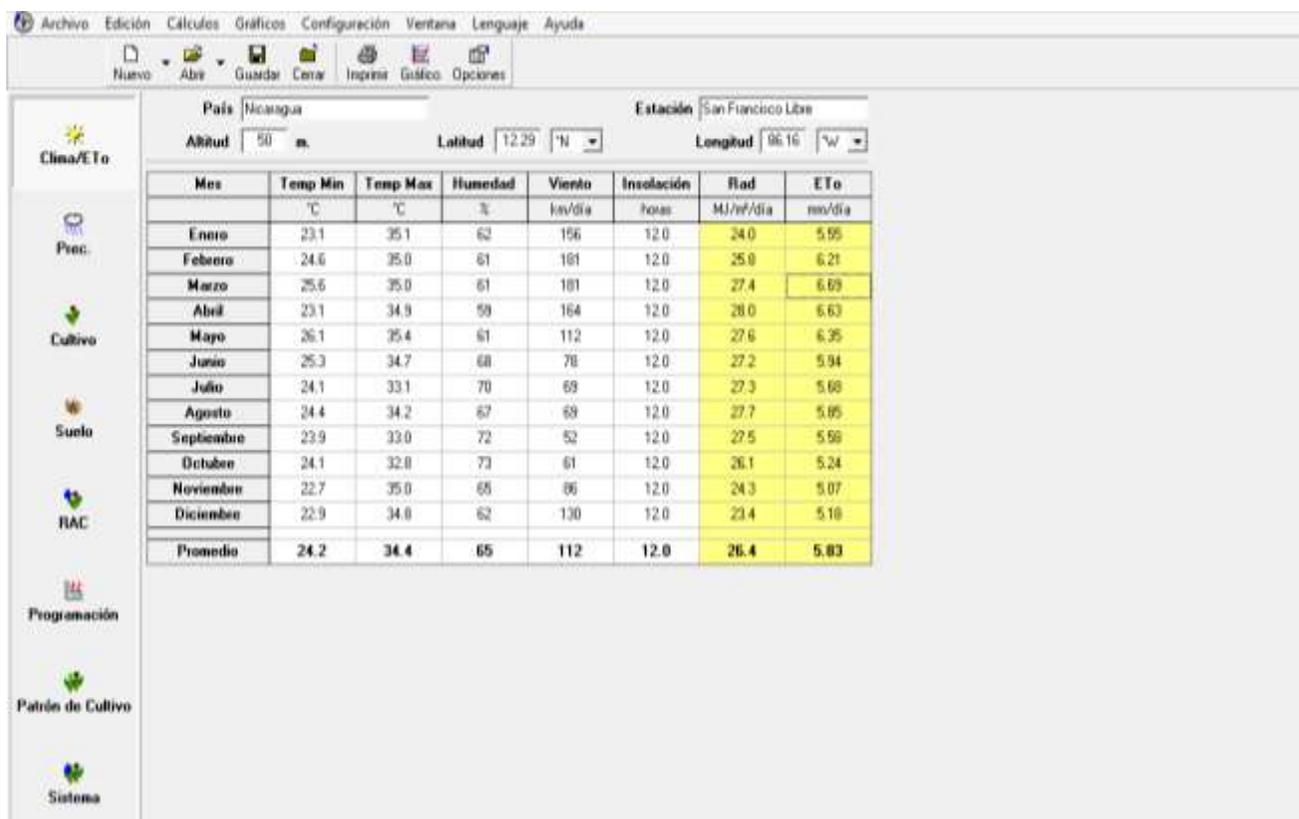
Figura 18. Triangulo Textural



Fuente: (Dorronsoro, 2018)

ANEXO 8. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA.

Figura 19. Resultado de evapotranspiración de referencia



Fuente: Cropwat 8.0

ANEXO 9. IMÁGENES

Imagen 1. Fuente de abastecimiento.



Imagen 2. Equipo de bombeo.



Imagen 3. Área de camino finca El Brasil Blanco.



Imagen 4. Área de pasto Maralfalfa destinada para riego.



Imagen 5. Realización de análisis de suelo. Laboratorio de Edafología UNI.



ANEXOS 10. PROFORMAS PARA EL SISTEMA DE RIEGO

Proforma 1. Durman

Durman®

DURMAN ESQUIVEL INDUSTRIAL DE NICARAGUA S.A.

RUC: 10310000005460
 PBX: +505 2273 9777
 Semáforos de ENEL Central, 200 m al oeste
 E-mail: nicarag.ia@aliatis-ia.com

Cotización

Reimpresión
 Número/Fecha : 1002071287 / 27.09.2018
 Número ref./Fecha : MOSTRADOR / 27.09.2018
 Nº de cliente : 500859
 Período de validez : 27.09.2018 al 30.09.2018
 Grupo Vendedor : 2000165
 Definición Grupo : OFICINA
 Fecha : 27.09.2018 10:03:27

NELSON CHAVEZ
 NICARAGUA
 MANAGUA
 Teléfono:
 Fax:
 Contacto:

Efectuamos las entregas según las condiciones siguientes:

Moneda NIO

Condiciones de pago Pagadero inmediatamente sin deducción

Condiciones de entrega FOB ENTREGA INMEDIATA

*** SOMOS EXENTOS DEL 2% IR***
 *** SOMOS EXENTOS DEL 1% DE LA ALCALDÍA***
 FORMA DE PAGO: EFECTIVO O CK CERTIFICADO
 LUGAR DE ENTREGA: NUESTRAS BODEGAS
 Cuentas bancarias:
 BAC (C\$) 149 - 12549 - 2
 BAC (U\$) 154 - 11807 - 2
 BANCENTRO (C\$) 260200275
 OBSERVACIONES:
 MATERIAL NO DISPONIBLE
 CURVA PVC 50MM(2")X90 RIEGO CC AZ
 RIE TAPON MACHO VIQUA 2"
 TIEMPO DE ENTREGA DE 08-10 DIAS

Material	Cantidad	Denominación	Precio Unít.	Total
2005669	20 UN	TUBO PVC 50MM (2")X6MTS RIEGO SC AZ	164.22	3,284.38
9036397	20 UN	RIE PUNT VIQUA HEMBRA 2" PVC	69.69	1,393.70
9036399	20 UN	RIE PUNT VIQUA MACHO 2" PVC	100.93	2,018.64
2005590	44 UN	TUBO PVC 75MM(3")X6M SDR41 CC GR	336.82	14,820.17
2005880	3 UN	CODO LISO PVC PRES 50MM(2")X90 BL	16.55	49.65
9004127	3 UN	LLAVE BOLA PVC LISA PRES 50MM (2") BL	112.38	337.13
9036397	3 UN	RIE PUNT VIQUA HEMBRA 2" PVC	69.69	209.06
9013703	3 UN	LLAVE BOLA PVC LISA PRES 75MM (3") BL	508.36	1,525.08
2006278	1 UN	CURVA PVC 50MM(2")X90 RIEGO CC AZ	151.69	151.69
9036397	1 UN	RIE PUNT VIQUA HEMBRA 2" PVC	69.69	69.69
9036399	1 UN	RIE PUNT VIQUA MACHO 2" PVC	100.93	100.93
9036403	1 UN	RIE TAPON MACHO VIQUA 2"	97.77	97.77
2011461	1 UN	TUBO PVC 50MM(2")X6M SDR26 CC BL	234.77	234.77
2005840	44 UN	UNION LISA PVC PRES 75MM(3") BL	33.95	1,493.81
2005837	20 UN	UNION LISA PVC PRESS 50MM (2") BL	11.41	228.22
2019790	1 UN	PEGAMENTO PVC MEDIO 1/4GL GRIS	266.69	266.69

Durman®

NELSON CHAVEZ
NICARAGUA
MANAGUA

Nº de documento/Fecha
1002071287 / 27.09.2018

Página
2

Subtotal			26,281.18
IVA	15.000	8	3,942.18
Flete			
Total Venta			30,223.36

VENDEDOR

AUTORIZADO
LMEJIA

Proforma 2. Tecnoriego S.A

ITEM #		CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT. US\$	PRECIO TOTAL US\$
1	55		TUBO PVC SDR 41 DE 3" X 6 METROS	12.00	660.00
2	8		HIDRANTE PVC DE 3"	45.00	360.00
3	17		TUBO PVC RIEGO MOVIL DE 3" X 6 METROS CON ACOPLER	30.00	510.00
4	2		ASPERSON 1 1/4" PC METALICO	80.00	160.00
5	2		ELEVADOR HG DE 2" X 1.80 M X 1 1/4" CON SU TEE PEDESTAL Y ACOPLER DE PVC	80.00	160.00
6	1		TAPON RIEGO MOVIL DE 3"	15.00	15.00
7	1		CURVA PVC DE 3" RIEGO MOVIL	25.00	25.00
8	1		ACCESORIOS VARIOS PVC	40.00	40.00
9	2		VALVULA DE AIRE 2" DOBLE PROPOSITO	35.00	70.00
10	1		SARTA DE DESCARGA HG	50.00	50.00
11	1		VALVULA CHECK PVC HORIZONTAL DE 3"	60.00	60.00
12	1		MANOMETRO DE GLICERINA	15.00	15.00
13	1		UNION TOPE DE 3" ULTIMA LINEA	40.00	40.00
				SUB TOTAL US\$	2,165.00
				IMPUESTO US\$	324.75
				PRECIO TOTAL US\$	2,489.75

ELABORAR CHEQUE A NOMBRE DE: TECNORIEGOS, S.A

FORMA DE PAGO:	CONTADO
TEMPO DE ENTREGA:	2 DIAS
VALIDEZ DE LA OFERTA:	15 DIAS
OBSERVACIONES DE LA OFERTA:	MATERIALES ENTREGADOS EN BODEGA TECNORIEGOS MANAGUA