

Área del Conocimiento de Agricultura

# **DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA EL CULTIVO DE MAÍZ (ZEA MAYS) EN LA FINCA EL DELIRIO, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE NINDIRÍ, DEPARTAMENTO DE MASAYA.**

Trabajo Monográfico para optar al título de  
Ingeniero Agrícola

**Elaborado por:**

**Tutor:**

Br. ALLAN EMILIO  
ESTRADA CORTEZ

CARNET:2017-1435U

Br. ANA VERONICA  
ACUÑA JACAMO

CARNET:2017-0027U

ING. WELSDEN  
ZENELIA BLANCO  
BUSTILLO



## DEDICATORIA

A Dios, porque de Él, proceden todas las buenas acciones que en este mundo suceden

Con gratitud, aprecio y admiración, a mi madre **Lic. Maura del Socorro Cortez**, y a mi hermana **Katherine Massiel Coulson Cortez**, y a mi pareja sentimental **Francklin Johel Larios** por apoyarme, comprenderme y brindarme su confianza, inculcándome sus valores y principio sobre todo por estar conmigo en los buenos y malos momentos.

**Br. Allan Emilio Cortez**

## AGRADECIMIENTO

Me complace expresar mi más profundo agradecimiento a quien ha sido pilares fundamentales en nuestro trayecto de investigación y logro de esta tesis a nuestra tutora **Ing. Welsden Zenelia Blanco Bustillo**, le agradezco por su dedicación y orientación en cada paso de este proceso, lo que ha sido fundamental para el éxito de este trabajo, brindándome las herramientas necesarias para crecer como estudiante y un buen profesional.

## DEDICATORIA

Dedico primeramente a Dios por la culminación de mis estudios ya que por medio de su bendición logre salir adelante con mucho esfuerzo, dedicación, empeño y gratitud.

De igual manera dedicarles a mis padres **Ana Cecilia Jacamo mora y Félix pedro Acuña** y hermano **Félix José Acuña** que sin duda alguna han sido el pilar fundamental en cada uno de mis pasos, bríndame consejos, ayuda, apoyo y amor para guiarme por el buen camino inculcándome valores y principios sobre todo por estar conmigo en los buenos y malos momentos.

Gracias por darme apoyarme desde mis inicios de esta etapa tan importante de mis estudios en la etapa final.

**Br. Ana Verónica Jacamo**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a DIOS primeramente y mis padres, familiares que estuvieron en cada paso que daba para salir adelante forjándome una meta y orientándome a nunca rendirme.

A nuestra tutora **Ing. Welsden Zenelia Blanco Bustillo**, le agradezco por su dedicación y orientación en cada paso de este proceso, lo que ha sido fundamental para el éxito de este trabajo, brindándome las herramientas necesarias para crecer como estudiante y un buen profesional.

A los docentes que, en los periodos de clase, sus orientaciones me permitieron alcanzar el éxito en mis estudios.

## RESUMEN

En dicho documento se presenta el diseño de un sistema de riego por goteo para la finca el Delirio ubicada en Nindirí, Masaya para el cultivo establecido de maíz (ZEA MAYS) con un área de 7.5 Ha en dicha finca.

Para la aplicación de este sistema de riego se llevó a cabo los factores necesarios correspondientes al estudio del diseño de riego realizándose los procedimientos de levantamientos topográficos, estudios agronómicos de suelo, aspectos climatológicos, velocidades de infiltración.

Se incorporaron, datos climáticos específicos facilitados por INITER, donde se abarca un periodo de diecinueve años en la zona de interés, proporcionando la base sólida para el proceso de diseño del proyecto.

Para el diseño del sistema de riego por goteo en la finca el Delirio cuenta con las siguientes características: topografía plana, un área de 7.5 ha siendo favorable para el diseño del riego el cual para obtener un mejor resultado y una mayor eficiencia se determinó que la aplicación del riego será dividida en 9 turnos, siendo dirección de siembra este a oeste.

El sistema de riego se diseñó con una cinta de goteo con un caudal de 1.1 l/hr por gotero, una presión de trabajo de 1 bar y un espaciamiento de 0.2 m entre emisor, colocando cada lateral a 0.90m con referencia al espaciamiento entre surco. Este sistema en su forma operativa es de una frecuencia de riego diaria aplicándole una lámina de riego permitida de 7.54 mm/día cumpliendo con su necesidad hídrica del cultivo.

También se presenta de manera detallada el costo de inversión dando como resultado un total de \$15,088.36 dólares para 10.71 mz (7.5 ha); lo cual equivale a \$1,408.81 dolores por manzana.

## INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES .....	3
III. JUSTIFICACIÓN .....	5
IV. OBJETIVOS .....	7
4.1. Objetivo general.....	7
4.2. Objetivo específico .....	7
V. MARCO TEÓRICO .....	8
5.1. Generalidades del cultivo del maíz.....	8
5.2. Origen del cultivo .....	8
5.3. Requerimientos edafoclimáticos .....	11
5.4. Suelos.....	13
5.4.1. Propiedades físicos y químicos del suelo .....	15
5.5. Factores que influyen para el diseño del sistema de riego .....	17
5.6. Diseño de sistema de riego .....	19
5.6.1. Descripción de materiales a utilizar en el sistema de riego .....	26
5.6.2. Requerimientos hidráulicos para el diseño de riego por goteo .....	31
VI. DISEÑO METODOLOGICO .....	34
6.1. Tipo de investigación .....	34
6.2. Localización de zona de estudio .....	35
6.3. Metodología a utilizar .....	36
6.4. Metodología para análisis físicos .....	39
6.5. Metodología para el diseño agronómico, geométrico e hidráulico del sistema de riego por goteo.....	44
6.6. Diseño agronómico.....	45
6.7. Datos meteorológicos de la zona.....	45
6.9. Diseño hidráulico .....	55
VII. ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS.....	60
7.1. Levantamiento topográfico.....	60
7.2. Condiciones agronómicas de la finca para el sistema de riego.....	62
7.3. Determinación de los parámetros de diseño .....	67
7.4. Diseño del sistema de riego por goteo.....	69

7.5. Diseño geométrico para el sistema de riego por goteo .....	76
7.6. Diseño hidráulico para el diseño del sistema de riego por goteo .....	77
7.7. Costo y presupuesto del proyecto .....	84
VIII. CONCLUSIONES.....	92
IX. RECOMENDACIONES.....	94
X. BIBLIOGRAFIA.....	95
XI. ANEXOS .....	i

## INDICE DE FIGURAS

<b>figura 1</b> Bomba sumergible.....	30
<b>figura 2</b> macro localización .....	35
<b>figura 3</b> micro localización.....	36
<b>figura 4</b> Determinación de muestreo de suelo .....	38
<b>figura 5</b> Diseño geométrico del área de estudio .....	61
<b>figura 6</b> cálculo de evapotranspiración (ETO) .....	67
<b>figura 7</b> Diseño geométrico del área de estudio .....	76

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Taxonomía.....	9
<b>Tabla 2</b> Ciclo vegetativo del maíz.....	11
<b>Tabla 3</b> Datos de suelo .....	74
<b>Tabla 4</b> Características técnicas del riego a aplicar.....	75
<b>Tabla 5</b> Resumen de cálculos agronómicos.....	75
<b>Tabla 6</b> Presión de descarga .....	83
<b>Tabla 7</b> Carga total dinámica .....	84
<b>Tabla 8</b> Costo y presupuesto lista de materiales .....	87
<b>Tabla 9</b> Costo de componentes de sarta de descarga .....	88
<b>Tabla 10</b> Costos de tuberías para riego .....	89
<b>Tabla 11</b> Lista de materiales para accesorio de riego .....	90
<b>Tabla 12</b> Costos de instalación del riego .....	91
<b>Tabla 13</b> Costos Totales del sistema de riego por goteo .....	91
<b>Tabla 16</b> Perdidas en la conducción.....	ix
<b>Tabla 17</b> Perdidas en el Manifold.....	x
<b>Tabla 18</b> Perdidas en el Lateral.....	xi

## INDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b> Capacidad de campo.....	39
<b>Ecuación 2</b> Punto de marchitez permanente.....	40
<b>Ecuación 3</b> Densidad aparente.....	41
<b>Ecuación 4</b> Densidad real .....	42
<b>Ecuación 5</b> Porosidad total.....	42
<b>Ecuación 6</b> Área de sección de infiltración .....	43
<b>Ecuación 7</b> Velocidad de infiltración .....	43
<b>Ecuación 8</b> Evapotranspiración real.....	47
<b>Ecuación 9</b> Déficit hídrico .....	47
<b>Ecuación 10</b> Lamina de riego.....	48
<b>Ecuación 11</b> Lamina neta .....	48
<b>Ecuación 12</b> Lamina bruta .....	50
<b>Ecuación 13</b> Frecuencia de riego .....	50

<b>Ecuación 14</b>	Tiempo de riego corregido.....	51
<b>Ecuación 15</b>	Caudal requerido.....	51
<b>Ecuación 16</b>	Intensidad de aplicación.....	52
<b>Ecuación 17</b>	Caudal por hectárea .....	52
<b>Ecuación 18</b>	Caudal total .....	52
<b>Ecuación 19</b>	Tiempo de riego.....	53
<b>Ecuación 20</b>	Número de turno .....	53
<b>Ecuación 21</b>	Área turno de riego .....	54
<b>Ecuación 22</b>	Jornada de riego .....	54
<b>Ecuación 23</b>	Continuidad .....	56
<b>Ecuación 24</b>	Velocidad permisible.....	57
<b>Ecuación 25</b>	Método Hazen William .....	57
<b>Ecuación 26</b>	Factor corrección de Christiansen.....	58
<b>Ecuación 27</b>	Número de salidas del lateral.....	58
<b>Ecuación 28</b>	Carga total dinámica.....	58
<b>Ecuación 29</b>	Potencia del equipo de bombeo .....	59

## INDICE DE ANEXO

<b>ANEXO 1</b>	Levantamiento técnico de campo .....	i
<b>ANEXO 2</b>	Muestra de suelo y prueba de infiltración .....	ii
<b>ANEXO 3</b>	Triángulo textural del suelo .....	ii
<b>ANEXO 4</b>	Determinación de PH.....	iii
<b>ANEXO 5</b>	Evaluación de Da y porosidad .....	iii
<b>ANEXO 6</b>	Bulbo húmedo del suelo .....	iii
<b>ANEXO 7</b>	Prueba de velocidad infiltración.....	iv
<b>ANEXO 8</b>	Datos meteorológicos de la zona .....	v
<b>ANEXO 10</b>	Esquema general del riego por goteo .....	vi
<b>ANEXO 11</b>	Cinta de goteo.....	vi
<b>ANEXO 12</b>	Sarta de descarga .....	vii
<b>ANEXO 13</b>	Características de bombas sumergible.....	viii
<b>ANEXO 14</b>	Curva características de la bomba .....	viii
<b>ANEXO 15</b>	Coeficiente de rugosidad.....	ix
<b>ANEXO 16</b>	Tabla pérdidas en la conducción .....	ix
<b>ANEXO 17</b>	Tabla pérdidas en el Manifold .....	x
<b>ANEXO 18</b>	Tabla pérdidas en el Lateral .....	xi
<b>ANEXO 19</b>	Componentes para el sistema de riego .....	xi
<b>ANEXO 20</b>	Accesorios de riego.....	xii
<b>ANEXO 21</b>	Filtro Azud 4" .....	xii
<b>ANEXO 22</b>	Ficha técnica del caudalímetro.....	xiii
<b>ANEXO 23</b>	Especificaciones de tubería .....	xiii
<b>ANEXO 24</b>	Cotizaciones .....	xiv

## I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de riego son una técnica para distribuir el agua necesaria de manera adecuada sobre un determinado cultivo. Su apropiado diseño y elección depende de una serie de información previa como: Tipo de suelo, topografía, clima de la zona, cultivo, cantidad y calidad del agua.

El desarrollo de la agricultura en Nicaragua bajo riego está considerado como la alternativa más viable para potencializar la producción agropecuaria esto en función que se puede en marcar en dos aspectos importantes; por una parte el agua es insumo indispensable para la producción durante la época seca; Por otro lado, constituye la ganancia de producción como riego complementario durante la época lluviosa más ahora que el régimen de lluvia se presenta en una forma irregular tanto espacial como temporal (MAG, 1998).

El maíz (*Zea mays* L.) es una gramínea anual, robusta, de crecimiento determinado, de 1 a 5 m de altura, un solo tallo dominante, puede producir hijos fértiles, sus hojas alternas son pubescentes en la parte superior y glabra (sin pelos o bellos, hojas lisas) en la parte inferior. Es el cereal nutritivo básico en la alimentación humana, debido al aporte en calorías y proteínas. El grano de maíz está constituido: 77% almidón, 2% azúcares, 9% proteínas, 5% aceites, 5% pentosanas y 2% ceniza (Rodríguez, 1998).

El problema de mayor importancia en la producción de maíz en Nicaragua lo constituye el bajo rendimiento que se obtiene por unidad de superficie (1027.27 kg/ha-1) como promedio de las cosechas. Tres de las principales causas de esta situación es el ataque de plagas y enfermedades, baja fertilidad de los suelos y la mala elección del método de riego a implementar (Rivas & Lezama, 2012).

Sin embargo no basta con la implementación de un riego a la ligera para poder decir que se está haciendo una correcta explotación de la tierra y una buena utilización

de los recursos económicos, sino que se hace necesario tomar en cuenta diferentes variables, como suelo, clima, necesidades y características del cultivo que será implementado bajo un régimen de riego, recursos hídricos, materiales y equipos disponibles; esto con el fin de garantizar que todos los medios sean utilizados de manera eficiente. Todos estos factores deben de relacionarse para alcanzar el éxito en el regadío (MAG, 1998).

El riego por goteo es uno de los sistemas más eficientes en la actualidad, el suministro de agua es constante y uniforme, gota a gota, que permite mantener el agua de la zona radicular en condiciones de baja tensión. El agua aplicada por los góteros forma un humedecimiento en forma de cebolla en el interior del suelo, al que comúnmente se le denomina “bulbo húmedo (Intagri, 2012).

Con la realización de un estudio podemos garantizar que un proyecto está rindiendo al máximo, es por eso que se hace necesario un análisis detallado donde se tomen en cuenta todos los factores antes mencionados para una utilización óptima de los medios con los que cuenta la finca el delirio.

En este estudio se pretende realizar una propuesta de diseño de un sistema de riego por goteo para el cultivo de maíz variedad nutrader establecido en un área de 10mz (7.5ha) en la finca el delirio ubicado en Nindirí, Masaya. para ello se tendrán en cuenta las condiciones edafoclimáticas del área de estudio, topografía del terreno y la necesidad que tiene la planta según sus características hídricas en el cultivo de maíz.

## II. ANTECEDENTES

Nicaragua tiene alrededor de 1.2 millones de hectáreas de tierra con potencial para riego, en áreas llanas, según el sistema de información sobre el uso del agua en la agricultura de la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (Bejarano, 2018).

En Nicaragua existen serias dificultades en la producción de algunos cultivos, razón por la cual se buscan nuevas variables y métodos para elevar la productividad y rentabilidad de las cosechas. Siempre y cuando estas nuevas tecnologías se apliquen correctamente, se mejorará la agricultura nacional con el propósito de satisfacer las necesidades básicas del país (Agropecuaria, 2016).

En la agricultura el agua juega un papel muy importante a lo largo de los tiempos, la aplicación del riego se hace con el fin de suministrar el agua que necesitan las plantas durante periodos secos y así garantizar una mayor producción (Rivas & Lezama, 2012).

Según (Intagri, 2012) el riego por goteo combinado con la fertirrigación es una excelente alternativa que permite incrementar los rendimientos de maíz, además que es una técnica económicamente factible para este cultivo, que sin duda ha sorprendido potencialmente el rendimiento. Ante la necesidad de implementar un manejo más eficiente del agua y de los fertilizantes en el cultivo de maíz, actualmente se está proponiendo el uso del sistema de riego por goteo debido a su mayor eficiencia en el uso del agua.

Un estudio elaborado por (FEDERICK, 2020 ) tuvo como objetivo analizar los parámetros hidráulicos de una unidad de riego por goteo dentro de la zona del departamento de Masaya la cual cuenta con sus procedimientos de cálculos para los puntos emitidos uniformemente a la unidad de riego, de igual manera los

volúmenes en periodos de tiempo, por consiguiente, las presiones y coeficiente de uniformidad, el cual este estudio concluye en una distribución de agua poco aceptable.

Un estudio realizado por Ingenieros Agrícolas (Marcela & Antonio, 2012) determinaron los parámetros necesarios para la realización de un diseño de riego para el rendimiento aceptable del cultivo de maíz en zonas aledañas a Masaya. Por lo que lograron establecer el aprovechamiento máximo de los suelos y los recursos del agua donde conlleva mayores rendimientos en la producción de este.

Ante todos los estudios en referencia al establecimiento del diseño de riego por goteo nos indica que este método en el uso del agua es una manera prescindible para el desarrollo óptimo en el cultivo de maíz donde se puede tener adaptabilidad bajo diversas condiciones, calidades y limitantes que se puede presentar.

### III. JUSTIFICACIÓN

Desde el inicio de la agricultura de regadío tanto los agricultores como los profesionales del riego se han dedicado a desarrollar nuevos conceptos y tecnologías que permiten mejorar el uso del agua en la agricultura (Sneh, 2006).

El riego por goteo, es uno de los métodos de riego a presión, sin embargo, durante las últimas cuatro décadas, con su amplia difusión por el mundo entero, ha dejado de ser simplemente un método de riego y se ha convertido en una agro-tecnología completa, la cual ha cambiado las prácticas de los cultivos y ampliado los horizontes de la agricultura (Sneh, 2006).

En nuestro país se ha incrementado el uso de los sistemas de riego por goteo siendo estas las condiciones donde los pequeños y grandes productores son quienes más lo emplean y los más accesibles económicamente (ILENA RIVAS, 2012).

Una de las grandes ventajas con las que cuenta el cultivo de maíz es la adaptabilidad en la que se puede desarrollar bajo condiciones edafoclimáticas y topográficas es por ello que para la finca ubicada en Nindirí, Masaya ( EL DELIRIO) se tendría como propuesta implementar un diseño de riego por goteo para suplir las necesidades hídricas del cultivo, contrarrestar el proceso de evapotranspiración, evaluar la facilidad de instalaciones, reducción de mano de obra y mantenimiento y con esto habrá permitido un aumento en producción.

Un beneficio para el desarrollo del riego por goteo ya sea para la finca en estudio y/o otra finca es que gracias a la adopciones e innovaciones a tecnologías y buenas prácticas el implementar el sistema de riego ayuda tanto al pequeño, mediano o grandes productores para obtener calidad y mejor rendimiento en sus cosechas.

EL presente diseño tendrá como importancia el establecer un buen manejo de las prácticas culturales agrícolas y de riego, para tener éxitos en las cosechas y a su vez cumplir con las necesidades alimenticias del ser humano.

Con esta propuesta se obtendría como resultado principal optimizar la eficiencia del uso de agua para el cultivo del maíz, logrando la reducción de las sequias que se han incrementado debido a que el cambio climático que se presenta en algunas zonas del país ha venido a provocar cambios tanto en el comienzo y finalización de las fases fenológicas del cultivo; es por ello que el sistema de riego por goteo pretende solucionar esta problemática para así lograr producciones en todas las épocas del año.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo general**

Diseñar un sistema de riego por goteo para suministrar una lámina de riego al cultivo de maíz variedad Nutrader en la finca el Delirio carretera el coyotepe Nindirí, Masaya.

### **4.2. Objetivo específico**

- Determinar los parámetros necesarios para el diseño de un sistema de riego por goteo a través de levantamiento de datos en campo.
- Realizar el diseño agronómico, geométrico e hidráulico del sistema de riego por goteo para el cultivo de maíz, considerando los parámetros de diseño.
- Elaborar presupuesto de materiales y costos de instalación de un sistema de riego por goteo para el cultivo de maíz a través de las cotizaciones en empresas locales.

## **V. MARCO TEÓRICO**

### **5.1. Generalidades del cultivo del maíz**

El maíz (*Zea Mays L.*) es un cultivo que se puede sembrar todo el año, en cinco épocas de siembra: primavera (mayo, julio), postrerón (julio), postrera (agosto – septiembre), apante (noviembre – febrero) y riego (noviembre-febrero) (INATEC, 2018).

Es el cereal nutritivo básico en la alimentación humana, debido al aporte en calorías y proteínas. El grano de maíz está constituido: 77% almidón, 2% azúcares, 9% proteínas, 5% aceites, 5% pentosanas y 2% ceniza (INTA, 2013).

### **5.2. Origen del cultivo**

La evidencia más antigua de la existencia del maíz, es de unos 7,000 años de antigüedad, ha sido encontrada por arqueólogos en el valle de Tehuacán (México) pero es posible que hubiese otros centros secundarios de origen en América (FAO, 1993).

El cultivo del maíz (*Zea Mays.L*) ocupa la tercera posición a nivel mundial después del trigo y el arroz, es una especie vegetal de origen mesoamericano, que constituye uno de los alimentos de mayor consumo popular y a su vez es uno de los más exportados por nuestro país. Se siembran con diferentes fines que son: autoconsumo, autoconsumo-mercado y mercado, que pueden ser para consumo o para la industria.

Además, los sistemas de producción se pueden clasificar en: Tecnificados, cuando se usa maquinaria e insumos agrícolas, Semitecnificado, con poco uso de implemento e insumo; y tradicional con bueyes y al espeque (ILENA RIVAS, DISEÑO DE RIGOS CEA-UNI, 2012).

## - **Taxonomía**

**Tabla 1** Taxonomía

Reino	Plantea
Subdivisión	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	Angiosperma
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoidae
Tribu	Andropogoneae
Subtribu	Tripsacinae
Genero	Zea
Especie	Zea Mays

**Fuente:** (WIKIPEDIA , s.f.)

## - **Aspectos Morfológicos**

- Raíces: fasciculadas, aportan un perfecto anclaje a la planta, sobresalen nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias (INATEC, 2018).
- Tallo: simple erecto, robusto y sin ramificaciones. No presenta entrenudos y sí una médula esponjosa, pudiendo alcanzar 4 m (INATEC, 2018).
- Fruto: compuesto por una determinada cantidad de granos, el cual recibe el nombre de mazorca (INATEC, 2018).
- Semilla: llamada cariósido, está insertado en el raquis cilíndrico u olote; la cantidad de granos determina el fruto (INATEC, 2018).

- **Variedades**

- NB-S: rendimiento promedio de 40 a 50 qq/mz, buen tamaño de mazorca (14 a 16 cm), la semilla puede ser utilizada en tres ciclos de siembra, se adapta a los sistemas de producción del pequeño agricultor, excelente vigor de planta y aspecto de mazorca y tolerante a sequías (INTA, 2013).
- NB-6: rendimiento promedio de 60 a 70 qq/mz, buen tamaño de mazorca (16 a 20cm), la semilla puede ser utilizada en tres ciclos de siembra, excelente vigor y aspecto de mazorca, textura del grano semi cristalino, tolera el daño ocasionado por el gorgojo, tolera el achaparramiento (INTA, 2013).
- Nutrader: variedad mejorada con un rendimiento promedio de 55 a 78 qq/mz, tiene una excelente cobertura de mazorcar , buen tamaño de mazorca de (14 a 16cm), buena adaptación en la región, es tolerante al daño ocasionado por el gorgojo, tolerante a efectos de sequía, es recomendado para la siembra de primera, postrera y apante, día de floración femenina de 54-56 días, alta calidad de proteína, potencial de rendimiento y características agronómicas deseable (INTA, 2013).

- **Adaptación**

Se puede sembrar desde los 300 a 1,200 m de altura. Se adapta a suelos francos, franco-arenosos y areno-arcillosos, con pendientes de 15 a 30%. Suelos con pH de 6 a 7. Temperaturas entre 25 a 320 C y precipitación durante el ciclo del cultivo, de 1,000 a 2,500 mm.

Unas de las regiones más recomendadas para su adaptabilidad son los departamentos Estelí, Managua, Masaya, León, Chinandega, Jinotega, Matagalpa, Nueva Segovia, Nueva Guinea, San Carlos, Río San Juan (INTA, 2013).

## - Ciclo vegetativo del cultivo de maíz

**Tabla 2** *Ciclo vegetativo del maíz*

	<b>Mínima</b>	<b>Optima</b>	<b>Máxima</b>
<b>Germinación</b>	10°C	20-25°C	40°C
<b>Crecimiento</b>	15°C	20-30°C	40°C
<b>Vegetativo Floración</b>	20°C	21-30°C	30°C

**fuentes:** (ILENA RIVAS, DISEÑO DE RIGO CEA-UNI, 2012).

### 5.3. Requerimientos edafoclimáticos

El maíz es un cultivo de crecimiento rápido (3-5 meses), que proporciona un mayor rendimiento con temperaturas moderadas y un suministro adecuado de agua, con excepción en la zona alta donde su crecimiento llega hasta los 8 meses; su adaptación oscila entre 0-2,500 msnm (MEFCCA).

El maíz exige un clima relativamente cálido, y agua en cantidades adecuadas. La mayoría de las variedades del maíz se cultiva en regiones de temporal, de clima caliente y de clima subtropical húmedo, pero no se adapta a regiones semiáridas (ILENA RIVAS, DISEÑO DE RIGO CEA-UNI, 2012).

## - **Clima**

Para la siembra del maíz es necesaria una temperatura media del suelo de 10°C, y que ella vaya en aumento. Para que la floración se desarrolle normalmente conviene que la temperatura sea de 18°C como mínimo. Por otra parte, el hecho de que deba madurar antes de los fríos hace que tenga que recibir bastante calor. De todo esto se deduce que es planta de países cálidos, con temperatura relativamente elevada durante toda su vegetación (ILENA RIVAS, DISEÑO DE RIGO CEA-UNI, 2012).

- **Humedad relativa**

Es la relación que existe entre la cantidad de humedad contenida en un espacio y la que pudiera contener si estuviera saturado. La humedad relativa tiende a aumentar con latitud contrario a la temperatura, disminuye con la elevación y es mayor sobre suelos con vegetación que en los suelos áridos (ILENA RIVAS, DISEÑO DE RIGO CEA-UNI, 2012).

- **Velocidad del viento**

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a *10 metros* sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

- **Radiación solar**

Las plantas crecen porque producen su alimento a partir de la luz y otros ingredientes, en el proceso de la fotosíntesis. La eficiencia con que el maíz utiliza la radiación solar, dependerá de su desarrollo foliar (Guerreño, López, & Villalba, 2019).

- **Evaporación**

Consiste en la pérdida de agua del terreno adyacente a la planta, así como la que se pierde directamente de las hojas. La evaporación es influida por: radiación solar, latitud, estación del año (hora del día), velocidad de los vientos y nubosidad.

## - **Evapotranspiración**

La evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), es un concepto establecido para indicar la cantidad de agua que se transfiere a la atmósfera de un suelo permanentemente húmedo, cubierto por un cultivo de referencia.

## - **Luminosidad**

El principal efecto de la sequía es reducir el crecimiento de la hoja, de tal modo que el cultivo intercepta menos radiación solar, lo que puede provocar la muerte de la planta joven y reducir la densidad de la población.

Es necesario cultivar el maíz lejos de árboles grandes que puedan proyectar sombra y plantar las variedades más altas al norte o al este del campo, para que las plantas más cortas reciban suficiente sol durante el día. Un mínimo de 6-8 horas de luz solar al día es el requisito común de luz para el cultivo del maíz (ILENA RIVAS, DISEÑO DE RIGO CEA-UNI, 2012).

## **5.4. Suelos**

Los más apropiados para la producción de maíz son los suelos francos o franco arcillosos con buen drenaje. Los factores físicos, químicos y ambientales son los que determinan la capacidad de producción de estos suelos (MEFCCA).

La zona cercana al área de estudio de la finca el delirio hay una conformación de serie de suelos pertenecientes a Nindirí, donde presentan características tales como:

- Con suelos profundos moderadamente profundos, bien drenados.
- Levemente erosionados u moderadamente erosionados.

- Textura, franco a franco arenosa (Rodas).

### - **Preparación de suelo**

El motivo principal de la preparación del suelo es el de formar una cama de siembra adecuada para depositar la semilla, permitir una buena germinación y emergencia de las plántulas, logrando así una buena densidad inicial de plantas y al mismo tiempo eliminar las malas hierbas.

Esta práctica agrícola se hace de acuerdo al sistema de producción que tiene cada región. Es importante mantener la estructura física, química y biológica del suelo, que determinan la fertilidad, erosión, infiltración y almacenamiento de agua, así como el desarrollo y proliferación de las malezas y el crecimiento del sistema radicular de la planta (ILENA RIVAS, DISEÑO DE RIGO CEA-UNI, 2012).

### - **Siembra**

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda efectuar una labor de arado al terreno con grada para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener cierta capacidad de captación de agua sin encharcamientos (ILENA RIVAS, DISEÑO DE RIGO CEA-UNI, 2012).

La siembra puede realizarse manual o mecanizada dependiendo del sistema que se utilice. Para siembra mecanizada utilizando variedades precoces se recomienda distancia entre surcos de 75cm (30 pulgadas) y entre plantas 15- 20cm (6 a 8 pulgadas) obteniéndose poblaciones aproximadamente 50.000 plantas por manzanas para variedades intermedias o tardías. Se recomienda distancia de 82 a 90cm (33-36 pulgadas) entre surcos y 15-20 (6-8 pulgadas) entre plantas logrando densidades de 37 a 45 mil plantas por manzanas.

#### **5.4.1. Propiedades físicos y químicos del suelo**

##### **- Determinación de muestreo de suelos**

El muestreo de suelos es la forma en que se obtiene la información de los suelos para su correspondiente estudio, en la agricultura los análisis de suelos se realizan con profundidades variables según la profundidad que presente el suelo, si el estudio requiere información detallada y compleja. Los estudios de suelos más frecuentes se realizan para cultivos específicos y la profundidad está definida por el sistema radicular del cultivo.

##### **- Determinación de estructura de suelo**

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 retención de nutrientes (GIOVANNY, 2012).

##### **- Textura**

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 fortalecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición (GIOVANNY, 2012).

##### **- Estructura**

La estructura es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados. De acuerdo a esta característica se distinguen suelos de estructura

esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en bloques), y granular (en granos).

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados (GIOVANNY, 2012).

- **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  $\text{gr/cm}^3$ . Para fines prácticos, conceptualmente esto es lo mismo que peso volumétrico (GIOVANNY, 2012).

- **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  $\text{gr/cm}^3$  (GIOVANNY, 2012).

- **Porosidad**

La porosidad se define como el porcentaje del volumen total de suelo que está ocupado por los poros. La relación de la textura con la porosidad es alta; en suelos arenosos, se tienen poros grandes y continuos, en suelos arcillosos, se tienen poros muy pequeños, pero más abundantes, por lo mismo, los suelos arcillosos tienen una mayor porosidad total. En suelos arcillosos el escaso intercambio de aire puede ser inadecuado para las raíces de las plantas (GIOVANNY, CARLOS, 2012).

- **Capacidad de campo (Cc)**

La capacidad de campo (CC) de un suelo representa la cantidad máxima de agua que puede ser retenida en un suelo en contra de la fuerza de la gravedad, después de un riego o lluvia que ha humedecido todo el suelo. (GIOVANNY, 2012).

- **Punto de marchitez permanente (Pmp)**

El punto de marchitamiento permanente (PMP) se define como la cantidad de agua del suelo en el que las hojas de las plantas que en él crecen se marchitan y no son capaces de recuperarse. El punto de marchitez depende de la textura y la porosidad, y, por lo tanto, es diferente para cada tipo de suelo (GIOVANNY, 2012).

- **Acidez (PH)**

La acidez de un suelo puede medirse en campo usando un medidor de acidez de suelo llamado "pH-meter" de cinta, o bien enviando las muestras de suelo a un laboratorio edafológico, este último garantiza mayor precisión en el dato (GONZALES, 2016).

### **5.5. Factores que influyen para el diseño del sistema de riego**

El objetivo es que la planta reciba la cantidad de agua que necesita para realizar sus funciones fisiológicas y garantizar un buen rendimiento en la producción del cultivo.

Los tipos de riego que se pueden utilizar dependiendo de los recursos del productor son: goteo, aspersión y gravedad. En dependencia de la textura del suelo se puede aplicar 1 a 2 riegos por semana, manejando una humedad de 8 a 10 cm de profundidad (MEFCCA).

## - **Parámetros hidro físicos**

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 retención de nutrientes (GIOVANNY, 2012).

## - **Humedad disponible**

La capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, determinada por la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, es conocida como “agua disponible”, Se expresa como porcentaje de peso del suelo seco.

Se considera que a capacidad de campo el agua es 100% disponible y a punto de marchitez es de 0%. El valor puede oscilar entre 3 a 5% para suelos arenosos hasta 15% o más para suelos arcilloso (GIOVANNY, 2012).

## - **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 (GIOVANNY, 2012).

La cantidad de agua que se infiltra en un suelo en una unidad de tiempo, bajo condiciones de campo, es máxima al comenzar la aplicación del agua en el suelo y disminuye conforme aumenta la cantidad de agua que ya ha entrado en él (GIOVANNY, 2012).

## - **Bulbo húmedo**

Se llama bulbo húmedo al volumen de suelo humedecido por un emisor de riego localizado. El movimiento del agua en el suelo determina la forma y el tamaño del bulbo húmedo, que tiene una gran importancia, ya que en él se desarrolla el sistema radical de las plantas. La forma y tamaño del bulbo húmedo dependen de los siguientes factores (ver anexo 6).

### **5.6. Diseño de sistema de riego**

Hablar de un sistema de riego es decir que es un suministro adecuado para los avances tecnológicos de los seres humanos día con día, ya que el tener un sistema de riego en parcela regadas es de gran importancia para el desarrollo satisfactorio tanto para un cultivo como para el productor.

Contar con el suministro de agua es la clave a tener los diversos factores a la caracterización de el modo de aplicación y las técnicas que proporcionan a la aplicación de algún sistema de riego, esto en ayuda a que se logra conocer con más detalle propiedades de suelo, calidades y cantidades de agua que se necesita para su establecimiento esto en base de ayuda a los diseños agronómicos que se realiza con anticipación.

El termino sistema de riego es también utilizado para referir el conjunto de equipamientos y técnicas de gestión que aseguran la captación del agua, su almacenamiento, transporte y distribución a los regantes (INATEC, 2018).

## - **Riego en gramíneas**

Con el riego por goteo se tiene una mejor utilización del recurso alcanzando eficiencias que van del 90 al 95 %. Esto sin lugar a dudas se traduce en un ahorro muy significativo en la cantidad de agua aplicada, además, si se extrae de pozos profundos los costos de electricidad o combustible se reducen (Intagri, 2012).

Además, mediante este sistema se pueden inyectar otros insumos (fertilizantes, herbicidas, insecticidas, etc.), donde su eficiencia de uso también se mejora considerablemente, permitiendo emplear dosis más bajas y controladas e indirectamente los impactos al medio ambiente se ven reducidos al mismo tiempo que se incrementa el rendimiento (Intagri, 2012).

#### - **Requerimientos hídricos**

La evapotranspiración total del maíz varía desde los 500 mm a 550 mm para el ciclo del cultivo. Las necesidades de agua en el cultivo del maíz varían desde 2 mm/día durante etapas iniciales hasta 6.5 mm/día en los días antes de la maduración. Luego baja hasta 3 mm/día en los días antes de maduración (INATEC, 2018).

El cultivo de maíz, dependiendo de las condiciones climáticas, y sin considerar otros factores de producción, requiere a lo largo de su ciclo de 500-800 mm de agua bien distribuidas de acuerdo con sus fases fenológicas. Las fases de floración y llenado de grano son las más críticas para obtener la máxima producción (PANORAMAAGRO, 2018).

Se menciona que el maíz la disponibilidad de agua en el momento oportuno, es el factor ambiental más crítico para determinar el rendimiento, donde el periodo con mayor exigencia de agua, es el que va desde los 15 días antes de la floración hasta los 30 días después.

#### - **Sistema de riego localizado**

El riego localizado consiste en la aplicación de agua sobre la superficie del suelo o bajo éste, utilizando para ello tuberías a presión y emisores de diversas formas, de manera que sólo se moja una parte del suelo, la más próxima a la planta.

El agua aplicada por cada emisor moja un volumen de suelo que se denomina bulbo húmedo (Gomez, 2010).

En este método de riego, la importancia del suelo como reserva de humedad para las plantas es muy pequeña en contra de lo que sucede en el riego por superficie o en el riego por aspersión. Su función principal es la de ser soporte físico de las plantas, así como proporcionar el agua y los nutrientes, pero en un volumen reducido (Gomez, 2010).

Los riegos localizados se pueden agrupar según el caudal que proporcionan los emisores de riego. Suele englobarse con el término “riego por goteo” a todos los riegos localizados en los que se aplica bajo caudal, utilizando los emisores denominados goteros, tuberías goteadores o tuberías exudantes. Los riegos localizados de alto caudal pulverizan el agua, que se distribuye a través del aire hasta el suelo y suelen aplicarse con los emisores denominados micro aspersores y difusores (Gomez, 2010).

#### - **Clasificación de los sistemas de riego localizados**

En función del tipo de emisor utilizado y de su colocación se suelen distinguir tres sistemas de aplicación del riego localizados:

- **Riego por goteo:** Es el sistema de riego localizado más popular, según el cual el agua circula a presión por la instalación hasta llegar a los emisores o goteros, en los que pierde presión y velocidad, saliendo gota a gota. Son utilizados normalmente en cultivos con marco de plantación amplio (olivar, frutales, etc.) aunque también se usan en cultivos en línea (algodón, coliflor, repollo, patata, etc.) (Gomez, 2010).
- **Riego por tuberías emisoras:** El riego por tuberías emisoras se caracteriza por la instalación de estos elementos sobre la superficie del suelo creando una banda continua de suelo humedecido y no en puntos localizados como en riego por goteo. Su uso más frecuente es en cultivos en línea con muy poca distancia entre plantas. Las más utilizadas son las tuberías gateadoras y las tuberías exudantes (Gomez, 2010).

- **Microaspersión:** En el riego por microaspersión, el agua se aplica sobre la superficie del suelo en forma de lluvia muy fina, mojando una zona determinada que depende del alcance de cada emisor. Están indicados tanto para cultivos leñosos como para cultivos herbáceos de distinto marco de plantación. En este sistema de riego se distinguen los emisores denominados micro aspersores y los denominados micro difusores. En ambos casos suelen trabajar a presiones entre 1 y 2 Kg/cm<sup>2</sup> (Kilogramo/centímetro cuadrado) y suministran caudales de hasta 200 litros/hora (Gomez, 2010).

- **Riego por goteo con cinta**

El riego por goteo o riego gota a gota es un método de irrigación que permite una óptima aplicación de agua y abonos en los sistemas agrícolas de las zonas áridas. El agua aplicada se infiltra en el suelo irrigando directamente la zona de influencia radicular a través de un sistema de tuberías y emisores (Guia Agropecuaria, 2016).

Dentro de sus principales atribuciones están: Humedecimiento parcial del suelo lo que se vuelve en un importante ahorro del agua evitando la evaporación, amplia y exacta distribución uniforme del agua, se puede emplear la fertilización localizada junto al riego, flexibilidad en los horarios de riego, normalmente los tiempos de aplicación son bajos, los volúmenes de descarga son bajos lo que se traduce en una economía del bombeo (Guia Agropecuaria, 2016).

Los goteros suelen trabajar a una presión próxima a 1Kg/cm<sup>2</sup> (Kilogramos/centímetro cuadrado, conocido popularmente por “kilos”) y suministran caudales entre 2 y 16 litros/hora. Lo más frecuente es que las tuberías laterales y los goteros estén situados sobre la superficie del suelo, y el agua se infiltre y distribuya en el subsuelo. Es el riego por goteo en superficie.

En el sistema de riego por goteo el agua penetra en el suelo por un punto, distribuyéndose en todas las direcciones (Gomez, 2010).

## - **Descripción del sistema de riego**

La esencia del riego por goteo es reponer el agua que consume la planta. Se basa en la aplicación directa del agua en la zona de humedecimiento efectivo del suelo a base de entregas de agua extremadamente pequeñas (gotas o pequeños chorros) (Herrera & Mendoza, 2012).

El riego por goteo se clasifica entre los métodos de "riego localizado", los cuales incluyen al riego con micro emisores (micro aspersores, micro rociadores). El término " riego por goteo" se emplea para describir aquellos métodos en los cuales pequeños volúmenes de agua son aplicados directamente al suelo a intervalos cortos empleando:

- Emisores puntuales instalados a espaciamiento fijo sobre laterales de pared delgada
- "cintas" con salidas múltiples a corta distancia la una de la otra, o
- "mangueras de exudación" (Sneh, 2006).

## - **Principios del riego por goteo**

Los métodos de riego por goteo, por aspersión, con micro emisores, con pivote central y con lateral de avance frontal se clasifican entre los métodos de riego a presión. Todos ellos se basan en la conducción y la distribución del agua por un sistema de tuberías cerrado (Sneh, 2006).

Desde el inicio de la agricultura de regadío tanto los agricultores como los profesionales del riego se han dedicado a desarrollar nuevos conceptos y tecnologías que permiten mejorar el uso del agua en la agricultura. Un concepto adicional, fue la aplicación del agua bajo la superficie del suelo (BSS), a fin de eliminar las pérdidas por evaporación de la superficie del suelo (Sneh, 2006).

## - **Características del riego por goteo**

Una de las características del riego por goteo es el humedecimiento parcial del suelo. El agua se distribuye por medio de un gran número de emisores de baja descarga entre 5000 y 300,000 por hectárea, cada uno de los cuales humedece el área adyacente. El porcentaje de la superficie humedecida y el volumen de suelo mojado dependen de:

- Las propiedades del suelo.
- El nivel inicial de humedad de éste.
- La descarga del gotero.
- El espaciamiento entre los goteros.
- El tiempo, la duración del riego (y por lo tanto el volumen de agua aplicado) (Sneh, 2006).

## - **Ventajas y limitaciones del riego por goteo**

### **Ventajas:**

- Uso racional del agua. Alta uniformidad de riego.
- Aumento de la eficiencia de los fertilizantes pues se aplican con el agua de riego.
- Facilita labores agrícolas por ausencia de humedad en la entrecalle.
- Disminuye mano de obra. Menor incidencia de plantas innecesarias.
- Aumento del rendimiento y calidad de los productos.
- Requiere presiones muy bajas del orden de 5 a 10 m.

### **Limitaciones**

- Riesgo de salinización por mal manejo del agua.
- Revisión constante del sistema. Inversión inicial es alta, pero luego se mantiene a niveles bajos.
- Requiere alguna especialización del personal encargado.
- Cualquier desperfecto debe ser reparado inmediatamente (Valverde, 2022).

## - **Distribución del agua hacia el suelo**

Con el riego por goteo, el flujo del agua y su distribución en el suelo difieren de lo que se obtiene con los demás métodos de riego. El agua se aplica desde una fuente puntual o una fuente lineal. La aplicación puntual se obtiene con goteros individuales, cada uno de los cuales moja un volumen discreto del suelo.

La aplicación lineal es resultado de la disposición de goteros, cercanos los unos a los otros, de tal forma que el volumen mojado por goteros adyacentes solapa, con lo cual se forma una franja mojada continua (Sneh, 2006).

Con goteros dispuestos sobre la superficie del suelo, el área humedecida no es más que una pequeña fracción de la superficie total de la parcela. Un pequeño “charco” se forma directamente debajo de cada emisor (Sneh, 2006).

## - **Factores que afectan la distribución del agua en el suelo**

Los principales factores que determinan la distribución del agua y de los solutos en el volumen del suelo mojado por el riego por goteo son:

### - **Disposición de los laterales de riego**

El diámetro máximo del bulbo húmedo producido por un gotero instalado sobre la superficie del suelo se obtiene a unos 10 - 30 cm por debajo de ésta. En cambio, con el riego por goteo BSS, el diámetro máximo de humedecimiento se obtiene al nivel del lateral (Sneh, 2006).

### - **La descarga del emisor**

Aplicando un mismo volumen de agua con goteros de diferente descarga horaria. Una tasa de aplicación menor humedece menor diámetro y el agua penetra a mayor profundidad del suelo.

Una tasa de aplicación mayor moja mayor diámetro y alcanza menor profundidad. El charco que se forma sobre la superficie es de mayor diámetro en comparación con un gotero de menor descarga (Sneh, 2006).

- **Espaciamiento entre gotero**

Cuando el espaciamiento entre goteros es pequeño y las áreas mojadas solapan, se forma una franja mojada continua. El diámetro humedecido aumenta durante el transcurso del riego, hasta que los círculos solapan. Una vez que solapan, el flujo es principalmente vertical hacia abajo. Con un mayor espaciamiento entre goteros se obtienen bulbos húmedos discretos, de mayor diámetro y de menor profundidad (Sneh, 2006).

- **Volumen de agua aplicado**

Las dimensiones del volumen mojado aumentan radial y verticalmente, a medida que se incrementa la dosis de agua (Sneh, 2006). Podemos también decir que hay una relación entre el suelo, agua y planta en la que se puede detectar los movimientos, retenciones y consumo de agua para el cultivo. Estas deben estar consideradas en diseño, instalación, operación y conservación de los sistemas de riego.

### **5.6.1. Descripción de materiales a utilizar en el sistema de riego**

Para un sistema de riego por goteo tenemos en consideración lo siguiente que la fuente es también denominada cabeza, en este se localizan:

El equipo de bombeo, la línea de filtración y descarga, inyector de fertilizantes. Dentro de estos se encuentran los:

- Fuente de Agua y Energía

- Unidad de Prevención o flujo en Reversa
- Sistema de Filtración
- Válvula de Control
- Manómetro
- Medidores volumétricos y controladores automáticos

#### **- Red de distribución de tuberías**

Forman por un lado las líneas principales y secundarias de distribución que suelen ir enterradas, y por, otro lado los porta goteros que recorren por la superficie del terreno las hileras de cultivo para la descarga de agua (INGEMECANICA).

#### **- Tuberías PVC**

- Gran resistencia a la corrosión y a los agentes químicos; buena resistencia a la tracción y al golpe de ariete; buen comportamiento frente al envejecimiento, bajo coeficiente de fricción y poco peso.
- No pueden estar expuesta a la radiación solar porque perjudica a sus propiedades mecánicas (INGEMECANICA).

#### **- Emisores o goteo**

son los elementos encargados de aplicar el agua a las plantas y que van insertados en los ramales porta goteros a cada cierta distancia uno de otro, coincidiendo generalmente con la posición de la planta. Los emisores, también llamados goteros, son los dispositivos que insertados en la tubería porta goteros, serán los encargados de verter el agua al suelo en forma de gotas continuadas (INGEMECANICA).

## - **Tubería de Pe**

El polietileno (PE) es un material plástico derivado del etileno, que se fabrica como una mezcla de etileno polimerizado, antioxidantes y negro de carbón, que le infiere su característico color negro para protegerlo de la degradación por radiación solar.

Las tuberías de polietileno se fabrican mediante extrusión del material. Son más flexibles y menos frágiles que las de PVC, aunque en general son más caras (INGEMECANICA).

## - **Filtros**

Unos de los mayores problemas que se le puede atribuir en los sistemas de riego por goteo son las obstrucciones en las salidas de los goteros, debidos a los reducidos diámetros del orificio de salida y la escasa velocidad en la que alcanza el agua ya en la salida del gotero (INGEMECANICA).

## - **Filtro de hidrociclón**

Este filtro permite la retención de partículas con peso específico superior al agua, como la arena, por efecto de la fuerza centrífuga que se ejerce sobre el flujo que penetra en el filtro (INGEMECANICA).

La eficiencia de este tipo de filtros permite retener partículas presentes en el flujo de un tamaño mayor a 74 micras (200 mesh aprox.) y densidad superior a 1,5 gr/cm<sup>3</sup>.

## - **Válvulas**

Como elemento de regulación y control del flujo de agua, las válvulas se intercalan en la red de conducción, cumpliendo con distintas funcionalidades según el tipo de válvula que se trate. Válvula de pie, válvula de retención, válvula de regulación, válvula de seguridad y válvula de descarga (INGEMECANICA).

- **Válvula de seguridad**

También llamada válvula de alivio de presiones. Es un dispositivo que permite la salida automática de un cierto caudal, con el fin de evitar un aumento excesivo de la presión en la red de conducciones (INGEMECANICA).

- **Válvula de descarga o de drenaje**

En los extremos de la instalación se suelen colocar válvulas de drenaje. Este tipo de válvula permite desaguar las tuberías una vez que el riego haya finalizado, con el objeto de evitar que en el interior de la instalación se desarrollen microorganismos o se produzcan precipitados químicos (INGEMECANICA).

- **Unidad de bombeo:**

La bomba de riego se encarga de suministrar el caudal necesario a la instalación de riego a la presión requerida por los emisores para su correcto funcionamiento. Se clasifican también en función de la altura de aspiración que tienen. La altura de aspiración es la cota a la que se instala la bomba por encima de la boca de la tubería aspiración de agua. (NOVAGRIC ).

- **Potencia de la bomba:**

Unos de los parámetros que se necesitan para la selección de una bomba es tener en consideración los factores de configuración al sistema de riego, de igual manera tener conocimiento de las distancias necesarias que hay entre la fuente de agua y la parcela a regar.

La energía que entrega la bomba al fluido se conoce como potencia. De este modo, la potencia en el eje de la bomba es aquella que corresponde para elevar una determinada masa de agua por unidad de tiempo, comunicándole una cierta presión al fluido para vencer la carga magnética.

## - **Bomba**

Para (FRANKLIN ELECTRIC, 2024) La Bomba Sumergible Serie SSI está especialmente diseñada para aplicaciones industriales y para la agricultura ya que están construidas con impulsores y difusores fabricados en acero inoxidable troquelado de alta calidad para las aplicaciones más demandantes.

Cuenta con impulsores de flujo mixto y descarga estándar, la Bomba Sumergible Serie SSI está disponible en Brida NEMA de 6, 8 y 10 además de estar construida completamente en acero inoxidable (FRANKLIN ELECTRIC, 2024).

## - **Aplicaciones**

- Sistemas de Riego por Aspersión y por Pivote Central
- Drenado y Suministro de Agua en Aplicaciones de Minería
- Sistemas de Riego en Invernaderos
- Suministros y Transferencia de Agua en Municipalidades
- Limpieza de Establos y Llenado de Abrevaderos.

*figura 1 Bomba sumergible*



Fuente: (FRANKLIN ELECTRIC, 2024)

## - **Fuente de abastecimiento**

Se cuenta con las especificaciones de un sistema de abastecimiento de pozo perforados a una profundidad de 300 pies aproximadamente en el cual consta con un diámetro interno de 4" para tener una carga total dinámica

específicamente de 95 mm con un grado de espesor de tubería de SDCH 40 donde indica resistencia a la tracción, 40 kg de presión.

#### - **Espacio de emisor recomendado**

La cinta con gotero integrado tiene un espaciamiento de 0.20 cm entre los emisores, lo que significa que hay 5 goteros por metro. Aunque el espaciamiento entre emisores es menor, no implica un gasto extra.

Cuando el espaciamiento entre goteros es pequeño y las áreas mojadas solapan, se forma una franja mojada continua. El diámetro humedecido aumenta durante el transcurso del riego, hasta que los círculos solapan.

Una vez que solapan, el flujo es principalmente vertical hacia abajo. Con un mayor espaciamiento entre goteros se obtienen bulbos húmedos discretos, de mayor diámetro y de menor profundidad (Sneh, 2006).

### **5.6.2. Requerimientos hidráulicos para el diseño de riego por goteo**

#### - **Caudal requerido**

Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, río, canal) por unidad de tiempo. El caudal viene en función de la cantidad de agua que pueda proporcionar la fuente de abastecimiento y por otro la necesidad hídrica del cultivo (ROSA MEJIA, 2021).

#### - **Intensidad de aplicación**

La intensidad de aplicación hace la referencia específicamente a aquella relación que existe entre el agua y el suelo. Una alta intensidad de aplicación del riego descompone la estructura del suelo y altera su composición (TRAXCO, S.A., 2017).

- **Caudal por hectárea**

Al tener conocimiento de la intensidad de aplicación podemos definir qué área en específico necesitamos regar.

- **Caudal total**

Nos determina el caudal necesario para abastecer todo el sector de riego al que estamos interesados regar evaluando criterios necesarios en donde más adelante de este documento se estará plasmando.

- **Turno de riego**

Se refiere a la cantidad de veces por día o por semana que se necesita regar y esto varía de un lugar geográfico a otro, la época del año, el grado de exposición al sol, tipo de suelo y etapa del cultivo. Es decir, es el lapso de tiempo que transcurre entre dos riegos sucesivos, representando el tiempo que toma el cultivo para consumir el agua de reposición (GONZALES, 2016).

- **Área por turno de riego**

A la porción de la superficie del lote que deseamos regar en un período dado se le llama sector de riego; y el número de sectores dependerá del tiempo que dispongamos para aplicar el riego y de la cantidad de agua disponible en cierto tiempo a lo que llamamos caudal (Q) (CHOW).

- **Frecuencia de riego**

Es aquella frecuencia con la que se le puede aplicar agua al cultivo en una etapa determinada en su crecimiento esto en base a que estos tienen un espaciamiento determinado.

- **Jornada de riego**

Se recomienda que para la realización de la jornada de riego es necesario utilizar la cronología del método anterior a el desarrollo de la frecuencia de riego ya que de igual manera le proporciona el agua suficiente a la mayoría de las plantas.

- **Lámina de aplicación**

Es la lámina que necesita el cultivo para el desarrollo más eficiente, en la cual se podrá obtener con mayor productividad por la frecuencia de riego.

- **Método de Hazen Williams para el cálculo de perdidas por fricción en la tubería**

La **fórmula de Hazen-Williams**, también denominada **ecuación de Hazen-Williams**, se utiliza particularmente para determinar la velocidad del agua en tuberías circulares llenas, o conductos cerrados es decir, que trabajan a presión.

## VI. DISEÑO METODOLOGICO

### 6.1. Tipo de investigación

#### - **Según el enfoque**

El trabajo tiene un enfoque mixto, ya que en este proceso se recolectará, analizará y vinculará datos cuantitativos y cualitativos para el diseño del sistema de riego por goteo para suministrar una lámina de riego al cultivo de maíz.

#### - **Según el alcance**

La investigación es de carácter descriptivo porque se recolectarán datos correspondientes a campo. Esto permitirá la realización de los respectivos cálculos para presentar una propuesta de diseño de un sistema de riego por goteo para cultivo de Maíz.

#### - **Según la ocurrencia**

La investigación es prospectiva, ya que el diseño se realiza durante el proceso de crecimiento y desarrollo del cultivo maíz; variedad Nutrader, donde se identifica la problemática principal que presenta la finca en estudio El Delirio, Nindirí, Masaya, que es la falta de un diseño de un sistema de riego por goteo para optar un mayor beneficio y/o desarrollo a la productividad de este.

#### - **según el periodo en que se realiza el estudio**

Para la presente investigación que se llevará a cabo en un tiempo específico, tiempo en el que se elaborará una propuesta de diseño del sistema de riego por goteo para el cultivo de maíz en finca el Delirio la cual se obtendrán datos relacionados a los costos y presupuesto asociados al diseño.

## 6.2. Localización de zona de estudio

### - Descripción de la zona de estudio

El área de estudio se encuentra en el municipio de Nindirí del departamento de Masaya, Nindirí es uno de los municipios con más extensión territorial del departamento de Masaya y se encuentra localizada a 26 kilómetros de la capital de Managua, limita al norte con los municipios de Managua y Tipitapa, al sur con los municipios de Masatepe y La Concepción, al este con el municipio de Masaya y al oeste con el municipio de Ticuantepe.

### - Topografía

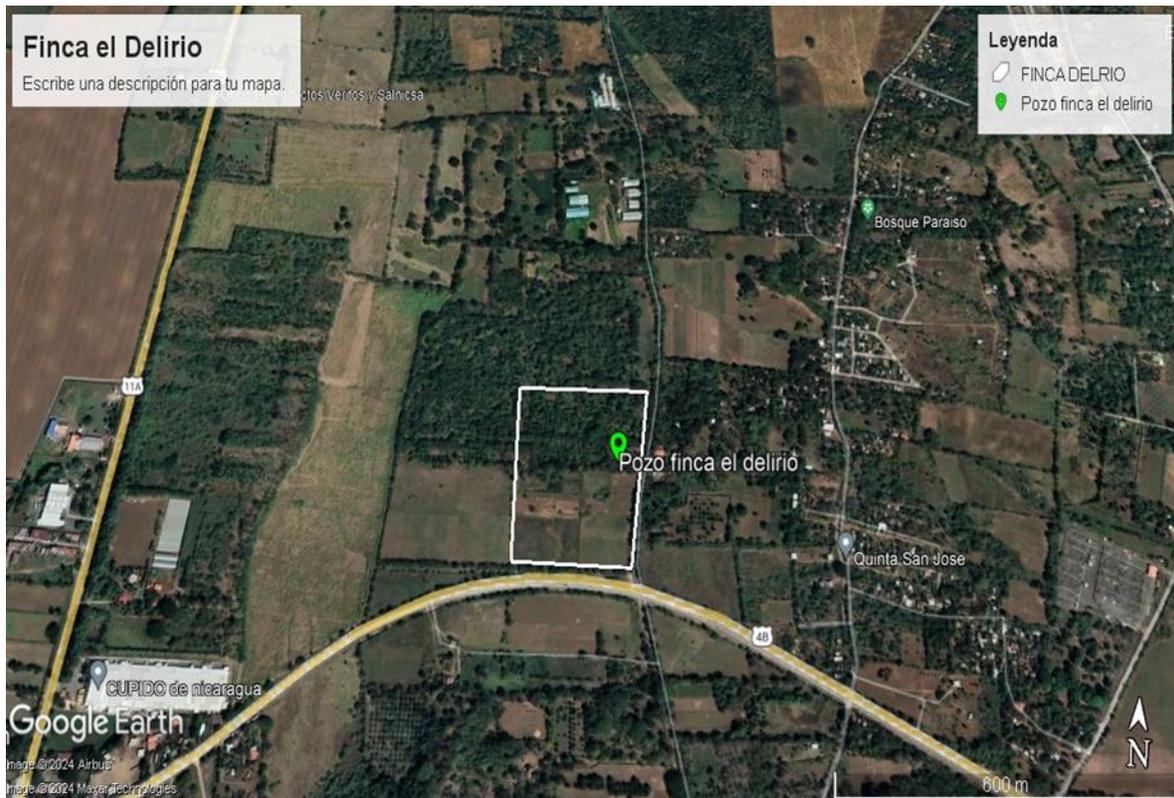
Es importante evaluar las condiciones topográficas del terreno ya que esto influye a la hora de diseño e instalación del sistema de riego. La topografía en un radio de 3 kilómetros de Nindirí tiene variaciones grandes de altitud, con un cambio máximo de altitud de 217 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 214 metros. En un radio de 16 kilómetros contiene variaciones grandes de altitud (821 metros). En un radio de 80 kilómetros contiene variaciones enormes de altitud (1617 metros).

**figura 2** macro localización

Nicaragua



**figura 3** *micro localización*



Fuente: Google Earth Pro.

### 6.3. Metodología a utilizar

- **metodología para el levantamiento topográfico del área de estudio**
- **Área de siembra**

Se realizó una visita previa al área de estudio, donde se inicia con los parámetros necesarios al levantamiento topográfico tanto planimétrico como altimétrico de los puntos de referencia a la recolección de datos de campo en la cual nos permite visualizar las condiciones del terreno y los vértices que conforman el polígono.

La parcela agrícola cuya extensión de tierra cuenta con 7.5 ha de terreno destinada al cultivo del maíz permite que para el diseño del sistema de riego por goteo en el

cual este describe con una superficie particularmente no pronunciada en cuestión a su pendiente y que a su vez cuenta con una dirección de siembra (E-O) a su vez con distancia de siembra de 30 cm entre plantas y 40 cm entre surco con un mecanismo de plantación al espeque. En el cual este sea favorable para su establecimiento y funcionamiento en el área de siembra.

Es por ello que mediante el uso de la herramienta GPS se procedió a marcar los puntos del área a diseñar, luego se descargó la información del dispositivo mediante el uso de los programas Google Earth, global Mapper y AutoCAD respectivamente, para la representación y registro del punto a la fuente hídrica, polígono y curva a nivel del establecimiento al diseño del sistema de riego por goteo.

Se calculó el caudal requerido o caudal disponible, así mismo se calculó lo que incluye el espaciamiento entre surcos y el caudal del emisor, el tiempo de riego, la jornada de riego, el número de cambios y la frecuencia de riego, siendo esta la serie de cálculos que da inicio al diseño de sistema de riego por goteo.

- **Metodología para la determinación de propiedades físicos-químicos del suelo**

- **Análisis de muestras de laboratorio**

El análisis de las propiedades físicas de la finca “El delirio” en estudio se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de edafología, ubicado en el recinto universitario RUSB, de la ciudad de Managua.

La muestra consiste en una mezcla de porciones de suelo (submuestras) tomadas al azar de un terreno homogéneos es importante que la muestra de suelos sea representativa del terreno que se desea evaluar cada tipo de suelo se considerará como un terreno homogéneo e independiente.

- **Tipos de muestras:**

Las muestras extraídas del terreno se pueden clasificar según su nivel de complejidad o por el estado de alteración del suelo.

**Según el nivel de complejidad se clasifican en:**

- De mayor complejidad. (estudios edafológicos)
- Más sencillo. (aspectos nutricionales o alguna otra característica específica).

**Según el estado de alteración se clasifican en:**

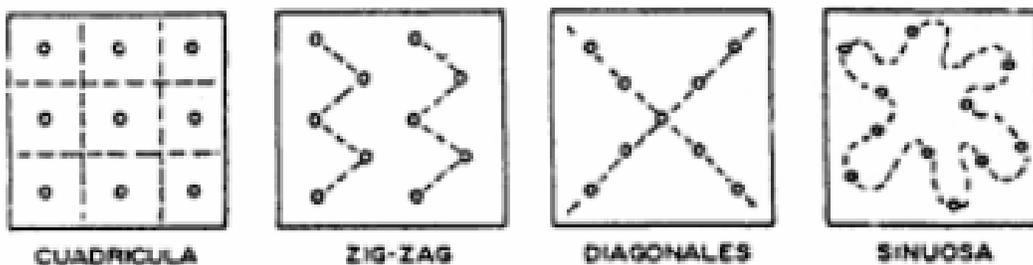
- Muestras simples alteradas
- Muestras inalteradas
- Muestras completas

**Sistemas de determinación:**

Se refieren a los puntos en los que hemos de tomar las muestras en donde hay tres:

- Muestreo al azar:
- Muestreo sistemático:
- Método de las zonas o parcelas homogéneas

**figura 4** Determinación de muestreo de suelo



fuelle: (Guía lab-FSU, 2019).

#### - **Determinación de estructuras de suelo**

El estudio se inicio con la antesala de los parámetros necesarios que conlleva a la realización del diseño de un sistema de riego por goteo donde las condiciones del suelo ayuda a determinar las propiedades físicas, se realiza por medio de la práctica de campo llamada técnica de calicata en la cual nos permite visualizar la división de perfiles del suelo, para esto se realizó a una profundidad de 1m X 1m en dirección opuesta a la salida del sol.

#### **6.4. Metodología para análisis físicos**

##### - **Determinación de capacidad de camp (CC)**

Esta propiedad hidro física del suelo es de gran importancia ya que con la misma se puede conocerlas posibilidades de retención de agua en el suelo, así como sirve de base para el cálculo del agua disponible y la porosidad de aireación del suelo factores determinante del rendimiento de los cultivos

Se determinó el porcentaje de la humedad en base al suelo seco que será la capacidad de campo utilizando la siguiente formula:

$$\%CC = \frac{(PSHT-PSST)}{(PSST-Pt)} \times 100$$

*Ecuación 1 Capacidad de campo*

Donde:

- %CC: Porcentaje gravimétrico de contenido de agua a capacidad de campo
- PSHT: Peso de suelo húmedo más peso de la tara
- PSST: Peso de suelo seco más peso de la tara
- Pt: Peso de la tara

## - **Determinación de punto de marchitez permanente (PMP)**

El punto de marchitamiento permanente es el porcentaje de humedad de un suelo en el que las plantas se marchitan y no se recuperan. Para la determinación de esta propiedad se utilizó la ecuación de (Grassi 1987), Punto de marchitez permanente en base a capacidad de campo este valor se estima con la fórmula:

$$\%PMP = \frac{\%Cc}{2.1}$$

### *Ecuación 2 Punto de marchitez permanente*

Donde:

- PMP: Punto de marchitez permanente del suelo
- %CC: Porcentaje de capacidad de campo
- 2.1: Factor de Grassi para suelos medios

## - **Determinación de humedad disponible**

Se define como la humedad del suelo al peso perdido de una muestra húmeda en una estufa a 105 °C durante 8 horas. La determinación de la humedad del suelo es de gran importancia debido a que el agua constituye un factor determinante en la formación, conservación, fertilidad y productividad del mismo, así como para la germinación, crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas. El conocimiento de la humedad y su dinamismo es la base de la caracterización hidro física del suelo.

para conocer la humedad del suelo en estudio de la finca el delirio se utilizará el método gravimétrico en la cual se basa determinar la cantidad de agua perdida mediante la diferencia de pesadas de una muestra antes y después de ser situada en una estufa a 105 °C durante 8 horas.

## - **Densidad aparente**

La determinación de la densidad aparente tiene un valor extraordinario para conocer el estado físico del suelo, ya que refleja el comportamiento dinámico de la estructura y la porosidad debido a que varía por la acción de agentes externos e internos como por ejemplo la compactación y la dispersión de las partículas respectivamente. La densidad aparente constituye el peso de una unidad de volumen de suelo seco con una estructura natural.

Para la determinación de la Densidad aparente del suelo se utilizó el método del cilindro de volumen conocido, con la que se extrae una muestra inalterada. Esta en el laboratorio se secó a 100°C por un periodo de 12 horas, se anotó el peso seco de la muestra más el del recipiente y se procedió a la determinación utilizando la siguiente formula:

$$DA = \frac{M_{ss}}{V_c}$$

***Ecuación 3 Densidad aparente***

### **Donde:**

- DA: Densidad aparente (gr/cm<sup>3</sup>)
- Mss: Peso de masa de suelo seco al horno (gr)
- Vc: Volumen del cilindro (cm<sup>3</sup>)

## - **Densidad real**

La densidad real o densidad de la fase solida del suelo es la relación entre la masa del suelo seco y la masa de igual volumen de agua. El valor de la densidad real depende de la naturaleza de los minerales integrantes y de la cantidad de sustancias orgánicas.

En la determinación de la densidad real lo más importante es obtener con precisión el volumen de los sólidos del suelo sobre la base de la extracción del aire, del suelo al vacío o mediante ebullición

$$Dr = \frac{d1 \times d3 \times ps}{d3(p1 - pp) - d1(p3 - ps - pp)}$$

**Ecuación 4** Densidad real

**Dónde:**

- Dr = Densidad real (gr/cm<sup>3</sup>)
- d1 = densidad del agua a la T1, en grados °C.
- d3 = densidad del agua a la T3, en grados °C.
- P1 = Peso del picnómetro más agua (gr).
- PP = Peso del picnómetro vacío (gr).
- P3 = Peso del conjunto agua más suelo más picnómetro (gr).
- PS = Peso del suelo (gr).

- **Porosidad total**

Es el espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso.

Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y microporos donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse.

Para la determinación de la porosidad total del suelo se toman en cuenta los valores Da y Tenemos que la fórmula de la porosidad es la siguiente:

$$Pt = 1 - \left( \frac{DA}{DR} \right) \times 100$$

**Ecuación 5** Porosidad total

**Dónde:**

- Pt: Porosidad total (%).
- Da: Densidad aparente (gr/cm3).
- Dr. Densidad real (gr/cm3).

- **Prueba de velocidad de infiltración**

La velocidad de infiltración o tasa de penetración del agua en el suelo es un factor determinante del tiempo de riego, el que se puede definir como el número de horas o minutos en que el agua debe escurrir sobre el suelo para que penetre y moje una zona determinada La velocidad de infiltración varía considerablemente según el tipo de suelo (textura).

Es así como los suelos pesados (arcillosos) presentan una baja velocidad de penetración de agua en comparación con los suelos livianos (arenosos), que tienen una alta velocidad de infiltración. Esto hace que los suelos arcillosos se deban regar durante más tiempo que los arenosos para mojar a una misma profundidad de suelo.

Para determinar la velocidad de infiltración, consistirá en abrir o perforar un agujero en el suelo con forma cilíndrica de radio R y profundidad de 30 cm. Se verterá agua y se mide el tiempo en intervalos de 1,2,3,5, 15 y 20 minutos.

$$S = \pi \times R \times (2 \times h + R)$$

**Ecuación 6** Área de sección de infiltración

Para un tiempo, dt, suficientemente pequeño para que pueda ponerse que la capacidad de infiltración, f, es constante se verificara la igualdad para obtener finalmente:

$$F = \frac{R}{2 \times (t_2 \times t_1)} \times \ln \frac{(2h_1 + R)}{2h_2 + R}$$

**Ecuación 7** Velocidad de infiltración

**Donde:**

- F: Velocidad de infiltración, expresada en (cm – mm)
- R: Radio del cilindro en (cm – mm)
- T1: Tiempo de lectura 1
- T2: Tiempo de lectura 2
- h1: Lámina infiltrada en el t1
- h2: Lámina infiltrada en el t2

**6.5. Metodología para el diseño agronómico, geométrico e hidráulico del sistema de riego por goteo.**

Para el diseño del sistema de riego por goteo para el cultivo de maíz es un mecanismo que debe de asegurar en su máxima demanda un desarrollo satisfactorio para el crecimiento vegetativo de la planta, el aportar agua suficiente es ayudar al incremento de producciones en diferentes estaciones climatológicas en el año, donde transformar la zona agrícola de escasas de agua es transformarla a zonas con mayores portaciones de crecimiento para dicho cultivo.

un parámetro como punto de partida es la combinación de procesos potenciales al momento de regar y es donde la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETO) máxima se utiliza para el diseño del sistema de riego, que para la zona de estudio el Delirio se obtendrán datos referentes al clima, en el cual es de gran importancia ya que con este valor se determina el caudal de diseño para el sistema de riego a implementar.

Una mejor manera para obtener los datos climatológicos de la zona se desarrolla en el programa del CROPWAT en el cual proporciona datos precisos. Utilizando la información climática y análisis del suelo en donde se realizará el diseño agronómico, diseño geométrico y diseño hidráulico teniendo este ultimo la evaluación de la eficiencia final para el diseño del sistema de riego por goteo donde esto es importante para la aplicación de la lámina de agua diaria para compensar

las pérdidas ocasionadas por la evapotranspiración del cultivo. Esto garantiza que el cultivo reciba la cantidad de agua necesaria para su desarrollo adecuado.

## **6.6. Diseño agronómico**

Como fase inicial del diseño del sistema de riego por goteo, es el diseño agronómico que juega un papel de suma importancia ya que permite la capacidad eficiente de suministrar el agua necesaria al cultivo, para este conlleva un periodo de máxima necesidades en cuestión a las relaciones entre suelo, planta y agua.

Al obtener una base de información en referencia a la zona del establecimiento del cultivo donde permite visualizar las condiciones climatológicas, propiedades químicas y físicas del suelo se determina los requerimientos hídricos del cultivo y luego determinar aspectos como dosis, frecuencia y tiempo del riego.

La aproximación del diseño agronómico como parte fundamental al sistema de riego es darle una aproximación de las necesidades hídricas al cultivo para las épocas de más demandas donde a su vez se establece las distribuciones de emisores a la parcela de riego.

## **6.7. Datos meteorológicos de la zona**

Utilizando la información meteorológica proporcionados por el Instituto Nicaragüense De Estudios Territoriales (INETER), en la dirección general de meteorología, permitió el cálculo sobre la tasa de evaporación atmosférica en una ubicación y época del año específicas dentro de los periodos (2000-2019).

Con la recolección de estos datos climatológicos se determinó el valor de la ETO, a través del método FAO Penman – Monteith, siendo este el más recomendado como método, con estos parámetros climáticos se hará el uso del software CROPWAT en

relación a los años transcurridos, en donde se encuentran los valores mensuales de temperaturas máximas y/o mínimas y precipitaciones.

#### - **Coeficiente del cultivo KC**

El valor del coeficiente del cultivo que se toma en sus diferentes etapas de desarrollo en el cual es fundamentado a las necesidades del cultivo desde el Kc inicial, Kc medio y el Kc final del maíz. Sirve como conjunto de la evapotranspiración de referencia (ETO), se determinará la evapotranspiración real (ETC), expresada en milímetros por día para cada cultivo. Este valor corresponderá a la demanda hídrica del suelo.

El valor del kc es un dato fundamental para los requerimientos de aplicación del riego en este estudio, se han considerado los valores de Kc recomendados por la FAO para cultivos que no están sometidos a estrés y que están siendo gestionados de manera adecuada. Se optó por el valor más alto de Kc durante la etapa de mayor demanda hídrica y fructificación para el diseño del sistema de riego.

#### - **Evapotranspiración de referencia (ETO)**

En la siguiente especificación de cálculos para la finca el Delirio se tomó en cuentas las condiciones climatológicas de la zona en donde a partir de estos obtenemos datos meteorológicos en la cual contamos con una estación de verano con mayor incidencia proveniente desde diciembre hasta abril es una sensación térmica que afecta de manera significativa a el estrés hídrico del cultivo en comparación con otros meses del año.

Es por ello que para la aplicación del método FAO Penman – Monteith en el cual se utilizó la información climatológica de la zona como base para obtener las temperaturas diarias promedios entre mínima y máxima esto en °C, los porcentajes de humedades y los km/días/horas entre el viento y la insolación de la zona en el cual se determinó un valor máximo para la zona de estudio.

- **Evapotranspiración real (ETR)**

$$E_{tr} = K_c \times E_{to}$$

*Ecuación 8 Evapotranspiración real*

Donde:

- E<sub>tr</sub>: Evapotranspiración del real (mm/día)
- K<sub>c</sub>: Coeficiente del cultivo (Adimensional)
- E<sub>to</sub>: Evapotranspiración (mm/día)

- **Déficit hídrico**

$$Def = \frac{E_{tr}}{Eficiencia}$$

*Ecuación 9 Déficit hídrico*

Donde:

- E<sub>tr</sub>: Evapotranspiración real
- Eficiencia

- **Eficiencia de riego**

La eficiencia para nuestro sistema de riego es determinante a la capacidad de infiltrar y almacenar en el suelo debido a que nuestra área de estudio es un tipo de suelo franco arcilloso en medida a la aportación de la evapotranspiración como de igual manera a la necesidad del cultivo hídricamente para su desarrollo siendo este sistema un resumen de los métodos aplicables con mayores eficiencias aceptables.

- (95-100%) riego por goteo.
- (80-85%) riego por aspersión.
- (60-70%) riego por inundación o gravedad.

## - **Lámina de riego**

La lámina de riego es la lámina máxima que se puede aplicar a un suelo y es la máxima humedad puede retener, es decir, cuando llega a capacidad de campo. Esta se determina mediante la siguiente fórmula:

$$Lr = \frac{CC - PMP}{100} \times Da \times Pr \times \%AG$$

### ***Ecuación 10 Lámina de riego***

Donde:

- Lr: Lámina de riego (mm o cm)
- %CC: Porcentaje gravimétrico de contenido de agua a capacidad de campo
- % PMP: Punto de marchitez permanente del suelo (%)
- Da: Densidad aparente (gr/cm<sup>3</sup>)
- Pr: Profundidad del perfil de suelo (Cm)
- %AG: Agotamiento de agua permisible

## - **Lamina neta o lámina auxiliar**

Es la cantidad de agua aprovechable en donde se tiene en cuenta el nivel de reposición o porcentaje de agotamiento del agua en el desarrollo del cultivo. Para los efectos del estudio hacia el diseño de riego por goteo la lámina neta es la que se tomara como base para suplir los efectos que experimenta el cultivo durante la evapotranspiración que se dará cuando se haya determinado el % de la capacidad de almacenamiento evitando que el suelo llegue a PMP.

$$LN = Lr \times \% \text{ de AG}$$

### ***Ecuación 11 Lámina neta***

Donde:

- LN: Lámina neta máxima (mm)
- Lr: Lámina de riego en (mm)
- AG: % de agotamiento permisible

#### - **Agotamiento permisible**

Aunque las plantas pueden extraer agua del suelo hasta un nivel de humedad que corresponde con el límite inferior, existe un nivel de humedad entre el límite superior y el inferior a partir del cual las raíces encuentran mayor dificultad para extraer el agua y se produce una disminución en la transpiración, lo que suele traer consigo pérdidas de producción.

Existe un intervalo de humedad entre la Cc y PMP, lo que se conoce como agua útil, este se denomina nivel de agotamiento permisible, se recomienda regar cuando se ha consumido el siguiente porcentaje de agua:

- (25 – 40) % en cultivos de raíces superficiales
- (40 – 50) % en cultivos de raíces intermedias
- 60% en cultivos con raíces profundas

#### - **Demanda hídrica bruta**

Las demandas hídricas dependen del estado de desarrollo en que se encuentre el cultivo desde sus fases iniciales de germinación hasta su cosecha, los cultivos equivalen al cociente entre las necesidades netas y el coeficiente de eficiencia en riego. Este último está en consonancia con el sistema de riego actualmente aplicado.

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

perdida según el sistema de riego (ILENA RIVAS, DISEÑO DE RIGO CEA-UNI, 2012).

$$DHB = \frac{Ln}{Ef}$$

**Ecuación 12** Lamina bruta

Donde:

- Ef: % de eficiencia
- DHB: demanda hídrica bruta (mm/día)
- Ln: lamina de riego

- **Frecuencia de riego**

La frecuencia de riego es aquella que se refiere a la cantidad de veces en la que se puede regar un cultivo establecido en un periodo determinado, preferencialmente en la etapa de crecimiento y esto se expresa en días.

$$Fr = \frac{Ln}{Df}$$

**Ecuación 13** Frecuencia de riego

Donde:

- Fr: Frecuencia de riego (días)
- LN: Lámina neta o máxima (mm)
- Df: Déficit (mm/día)

- **Tiempo de riego en base a lamina corregida**

Se refiere al momento en que debemos reponer el agua al suelo y que ha sido consumida por los cultivos entre dos riegos. La cantidad de agua a reponer depende esencialmente del cultivo y de la cantidad de agua que deseamos sacar del suelo, entendiendo que éste actúa como un estanque de almacenamiento.

$$Trc = \frac{DHB}{Ia}$$

**Ecuación 14** Tiempo de riego corregido

Donde:

- Trc: Tiempo de riego corregido (Hr)
- DHB: Demanda hídrica bruta (mm)
- Ia: Intensidad de aplicación en (mm/hr)

- **Caudal disponible**

Aplicada en el mundo de riego está definido como la cantidad de agua que la fuente hídrica es capaz de proporcionar de forma constante, suficiente para responder a las necesidades del cultivo. Es el caudal teórico que el sistema necesita para trabajar a una presión determinada por el equipo de bombeo expresado en (m3/hr).

$$Qd = \frac{Area(Ha) \times Df \times 10}{Jornada} \quad \text{despejando la jornada}$$

$$Jr = \frac{Area(Ha) \times Df \times 10}{Qd}$$

**Ecuación 15** Caudal requerido

Donde:

- Qd: Caudal disponible (m3/hr)
- Df: Déficit del cultivo o Demanda hídrica bruta (mm)
- Factor: Constante 10
- Jornada: (horas)

- **Intensidad de aplicación**

La lámina de riego es el espesor de la capa de agua con que una superficie queda cubierta o húmeda. Determinar la lámina de riego requiere el conocimiento de la evaporación de la zona de producción agrícola y el coeficiente de cultivo (Kc).

$$Ia = \frac{Qe}{Ee \times Es}$$

**Ecuación 16** Intensidad de aplicación

Donde:

- Ia: Intensidad de aplicación en (mm/hr)
- Ee: Espaciamiento entre emisores (m)
- Es: Espaciamiento entre surcos (m)
- Q: caudal emisor (lph)

- **Caudal por hectárea**

Se determinará el caudal por hectárea tomando en consideración la intensidad de aplicación que requiere el sistema multiplicado por un factor constante para que el resultado sea expresado en m<sup>3</sup>/hr.

$$Qha = Ia \times 10$$

**Ecuación 17** Caudal por hectárea

Donde:

- Qha: Caudal por hectárea (m<sup>3</sup>/hr)
- Ia: Intensidad de aplicación (mm/hr)
- Factor: Constante 10

- **Caudal total**

Se entiende como la cantidad de agua que el sistema necesita suministrar en el diseño para el desarrollo más óptimo del cultivo establecido.

$$QT = Qha \times Superficie \text{ (ha)}$$

**Ecuación 18** Caudal total

Donde:

- Qha: Caudal por hectárea (m<sup>3</sup>/hr)
- Superficie: Área (ha)
- QT: Caudal Total (m<sup>3</sup>/hr.)

- **Tiempo de riego**

El tiempo de riego es el período que debe permanecer el agua escurriendo sobre el suelo para que penetre hasta la profundidad de raíces del cultivo. Una forma práctica de determinarlo es a través de la profundidad de las raíces.

El tiempo de riego en sistemas de riego localizados este dado por el caudal de los emisores utilizados, el tiempo y por el número de emisores y de esta manera un conocer un caudal total tanto por turnos como un caudal total del área a regar.

$$Tr = \frac{Lam\ corregida}{Ia}$$

**Ecuación 19** *Tiempo de riego*

Donde:

- Tr: Tiempo de riego (Hr)
- Lr corregido (mm)
- Ia: Intensidad de aplicación en (mm/hr)

- **Número de turno**

Es el riego basado a la cantidad de agua distribuida en un área determinada en la que se suministra la duración y la frecuencia del turno. Para la satisfacción a las demandas mensuales es necesario definir la misma duración hacia el sector, cuyo caso ajustar al caudal del riego según la demanda de cada uno.

$$N^{\circ}\ de\ turno = \frac{QT}{Qdis}$$

**Ecuación 20** *Número de turno*

Donde:

- QT: Caudal por total (m<sup>3</sup>/hr)
- Qd: Caudal disponible o requerido (m<sup>3</sup>/hr)

- **Área Por turno de riego**

Es el área dividida en la cual se regará uniformemente con el mismo caudal de diseño en donde todas áreas pertenecientes a las parcelas de riego se le suministra el agua necesaria para su desarrollo.

$$AT = \frac{Area}{N^{\circ} \text{ turnos}}$$

**Ecuación 21** Área turno de riego

Donde:

- AT: Área del turno (ha)
- N° turnos: Números de turnos

- **Jornada**

La jornada comprende el tiempo que el operador del sistema o regador necesitara para realizar el cambio o traslado del instrumento de riego, este tiempo debe respetarse ya que del dependerá que se complete el riego adecuado en toda el área del terreno durante el día.

$$Jr. = TR \times N^{\circ} \text{ de turnos}$$

**Ecuación 22** Jornada de riego

Donde:

- TR: Tiempo de riego (hr)
- Jr: Jornada (hr)
- N° de turnos: Números de turnos

## **6.8. Diseño geométrico**

Con el programa AutoCAD se midió el ancho y largo del polígono y se confirmó la dirección de siembra que es de este a oeste, donde están ubicados los laterales de riego y en los turnos de riego correspondientes a las 7.5 ha de la finca del delirio.

Como segunda instancia se procedió a realizar el diseño geométrico que todo sistema de riego requiere para su correcta distribución uniforme, se delimito el perímetro del área del maíz (Nutrader) con el uso de software que permitirán conocer la forma del terreno y su pendiente para plasmar un diseño que se adapte a las condiciones de la parcela.

Es por ello que se realiza el trasado de la red hidráulica, donde se ubican turnos de riego correspondiente a nuestra área de estudio, donde dicha área sea uniformemente regada, ubicación de las tuberías conductoras, manifold y laterales de riego obteniendo así las longitudes a utilizar en cada turno.

## **6.9. Diseño hidráulico**

Como se tiene conocimiento, el diseño hidráulico orienta a la determinación de las necesidades hídricas de los cultivos, calculando la cantidad de agua necesaria para su desarrollo, sin ocasionar un estrés hídrico en la planta o déficit de agua en el suelo, estando estas necesidades hídricas, influenciadas por factores edafológicos (suelo), meteorológicos (clima) y otros propios del cultivo (genéticos y fisiológicos).

El diseño hidráulico como tal busca determinar las longitudes y diámetros de las tuberías para el sistema de riego teniendo la sincronización de los dispositivos y accesorios de riego para permitir el traslado de una determinada cantidad de agua, esto permitido por el método correspondiente a su determinación de Hazen William donde dicha área destinada al cultivo, minimiza las pérdidas y maximiza la

eficiencia, desde la captación, conducción, distribución y aplicación del agua, a través del diseño del sistema de riego por goteo.

- **Perdidas permisibles**

Serán las pérdidas o el valor máximo permitido para respetar en cada uno de los sistemas de riego, que dependerán del caudal a transportar, la longitud y diámetro de la tubería. Este valor de pérdida de carga permisible dependerá de la presión nominal de trabajo en la que operan los emisores de riego, siendo el 15% para el riego por goteo.

- **Diámetro nominal de tubería**

Diámetro nominal (DN) define aproximadamente el diámetro interior del tubo dado en milímetros. Por lo tanto, se da en el sistema métrico, en lugar de en el sistema de pulgadas, que todavía se utiliza comúnmente. En donde la podemos calcular con la siguiente ecuación de continuidad.

$$D = \sqrt{\frac{4Q(\frac{m^3}{s})}{\pi(V)\frac{m}{s}}}$$

*Ecuación 23 Continuidad*

Donde:

- Q: caudal del diseño
- V: velocidad permisible

- **Velocidades permisibles**

A mayor velocidad de circulación se provoca mayor pérdida de carga, y también mayor ruido. Por ello la velocidad en instalaciones de agua se debe de mantener

entre: Velocidad mínima: 0,5 m/s, para evitar sedimentaciones. Velocidad máxima: 2 m/s (tuberías metálicas) y 3,5 m/s (tuberías de termoplásticos y multicapa), donde podemos calcular la velocidad con la siguiente ecuación.

$$v = \frac{Q \left( \frac{M^3}{SEG} \right)}{S m^2}$$

**Ecuación 24** Velocidad permisible

Donde:

- Q: Caudal(m<sup>3</sup>/seg)
- S: Área de la sección transversal (m<sup>2</sup>)

- **Perdidas por fricción por el método de Hazen William**

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

**Ecuación 25** Método Hazen William

Donde:

- C: Factor de rugosidad
- PVC: 150; Polietileno = 140; Acero nuevo = 130; Aluminio con acoples = 120
- L: Longitud de tubería
- Q: Caudal de diseño
- D: Diámetro interno de tubería

- **Pérdidas corregidas**

Existen pérdidas de carga en tuberías con salidas múltiples, en este caso considerando el número de salidas en la tubería de conducción, tubería secundaria (manifold) y laterales de riego. A medida que el agua avanza, el caudal en la tubería se va reduciendo, por tanto, la pérdida de carga por fricción será de menor magnitud

que la pérdida de carga en una tubería simple. Este factor de corrección se hará considerando el criterio de Christiansen (1942), mediante la ecuación:

$$F = \frac{1}{m + 1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m - 1}}{6N^2}$$

**Ecuación 26** Factor corrección de christiansen

Dónde:

- F: Factor de Christiansen (adimensional)
- M: Exponente del gasto en la fórmula usada para calcular las pérdidas por fricción, Hazen-Williams (m = 1.9 PVC)
- N: Número de salidas en toda la longitud de la tubería.

**- Numero de salidas del lateral por Área**

Formula.

$$N^{°sl} = \frac{lon, l, l}{es emisor}$$

$$Ql = N^{°sl} * Qgotero(lth)$$

**Ecuación 27** Número de salidas del lateral

**- Carga total dinámica**

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

**Ecuación 28** Carga total dinámica

Donde:

- ND: Nivel dinámico (pie)
- Hf: Pérdidas por fricción totales (Pie)
- Pd: Presión en la descarga (pie)
- $\Delta Z$ : Desnivel desde el punto de descarga al punto final del sistema (Pie)

- **Potencia del equipo de bombeo**

$$php = \frac{Q \times CTD}{3960 \times n}$$

**Ecuación 29** *Potencia del equipo de bombeo*

Donde:

- Php: Potencia de la bomba (HP)
- Q: Caudal disponible (gpm)
- CTD: Carga total dinámica (pie)
- n: Eficiencia

## VII. ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

### 7.1. Levantamiento topográfico

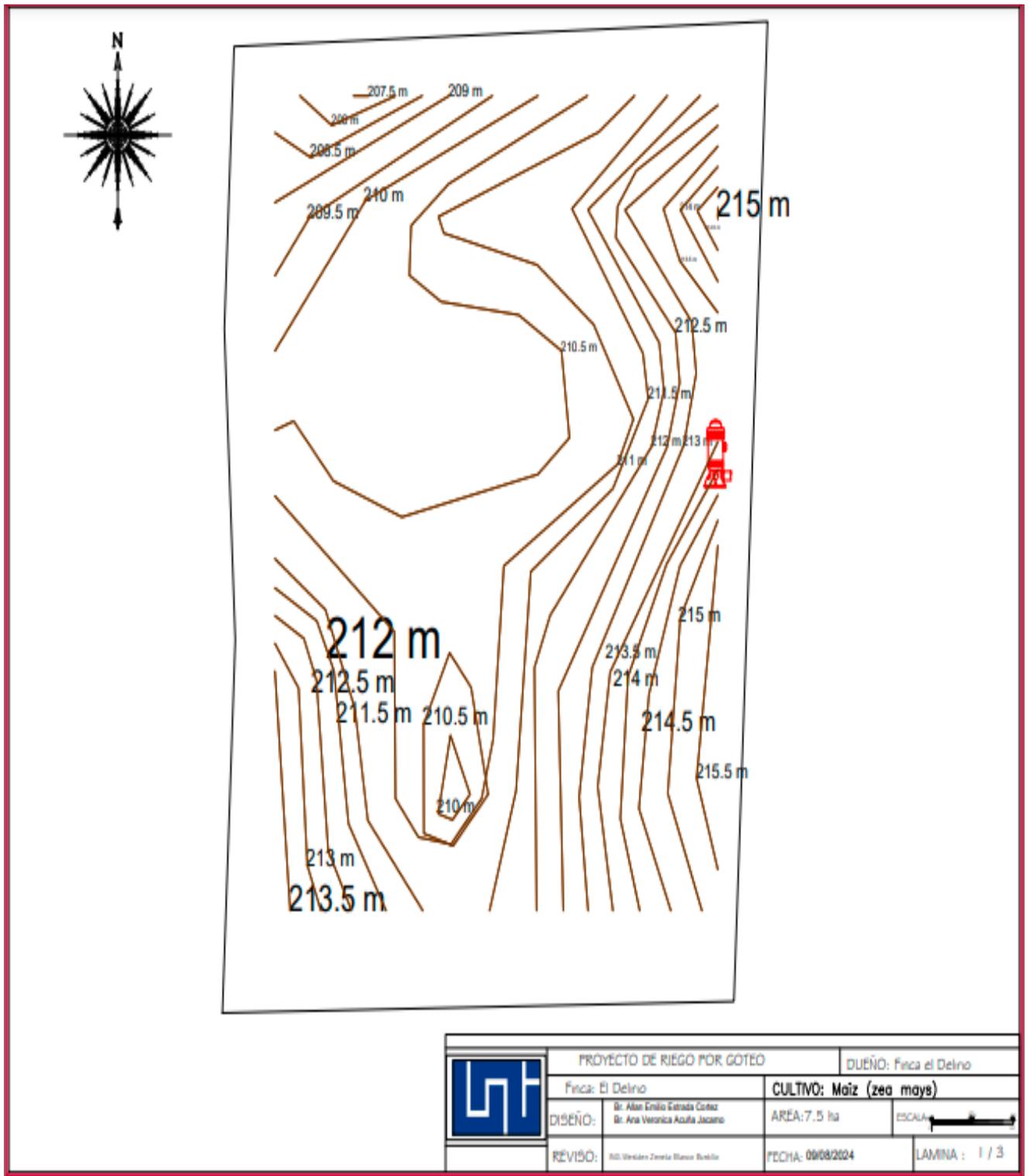
En la descripción topográfica del área de estudios se realizó la delimitación del terreno mediante la herramienta de posicionamiento global (GPS) el cual consiste en abarcar los perímetros cultivables en donde se instalará el diseño del sistema de riego por goteo.

El uso del (GPS) como herramienta principal permitió georreferenciar y tener una visualización de la zona de estudio en la cual se utilizó el Google Earth para una representación más óptima en la que se obtiene los puntos necesarios que fueron procesados para el diseño del sistema de riego.

Dentro de la misma delimitación se efectuó el procedimiento siguiente de la transferencia de dicha zona para la representación de las curvas a nivel el cual unas de las herramientas que se utilizó es el Global Mapper para luego transferir dicha zona al AutoCAD y de esa manera tener la visualización de cada curva a la que se evaluaron curvas no pronunciadas generadas a cada 0.5 mts.

Al evaluar las curvas de nivel permitió identificar de manera precisa la pendiente del terreno en el cual se establecerá el diseño del sistema de riego por goteo para un área de riego 7.5 Ha.

**figura 5** Diseño geométrico del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

## **7.2. Condiciones agronómicas de la finca para el sistema de riego**

El estudio se inició con la evaluación de los parámetros necesarios que conlleva a la realización del diseño de un sistema de riego por goteo donde permite analizar las condiciones del área de estudio determinando las propiedades hidro físicas de suelo, fuente de agua disponible, cultivo establecido, dirección de siembra, factores climáticos, necesidades hídricas del cultivo y el riego que mejor se adecue a la zona en estudio, Información que será utilizada para realizar los diseños correspondientes a este sistema de riego por goteo.

Las necesidades hídricas del cultivo se determinaron mediante el uso del programa CROPWAT ya que el cultivo solo utiliza una pequeña parte del agua disponible para sus procesos metabólicos, el resto se pierde por la transpiración de la planta y la por la evaporación del suelo, fenómeno conocido como la evapotranspiración del cultivo (ETc), es por ello que la cantidad de agua a aportar debe ser igual a la cantidad que se pierde, se debe asegurar en dicho caso que el sistema de riego satisfaga las necesidades del cultivo en las condiciones más desfavorables.

Para la realización de este levantamiento de campo fueron necesarias otras herramientas para obtener los puntos correspondientes que encierran el área de estudio y tener eficientes resultados lo cuales son los siguientes materiales:

- Mapa de la finca (utilizando coordenadas geográficas como herramienta principal)
- 1 machete
- 1 pala
- 1 cilindro para densidad aparente
- 1 martillo de goma o maso de madera
- Bolsas plásticas limpias
- 1 marcador

A continuación, se presenta los resultados de los parámetros agronómicos desde datos de suelo hasta las necesidades hídricas del cultivo lo cual es información indispensable para la elaboración del diseño del sistema de riego por goteo para el ubicado en la finca el delirio en Nindirí, Masaya.

- **Determinación de las propiedades hidro físicas del suelo**

Para la finca en estudio el Delirio se llevó a cabo la realización de los perfiles de suelo, texturas de suelo y la recolección de las muestras alteradas e inalteradas para la determinación de las propiedades hidro físicas del suelo en el área de estudio.

Con el dato preliminar en base a las propiedades físicas realizadas al área permitió la realización de los cálculos necesarios para proporcionar de manera más precisa la cantidad de agua que requiere el cultivo de maíz para un buen desarrollo.

Dichas evaluaciones se realizaron en un periodo máximo de 5 días en las instalaciones del laboratorio del área de conocimiento de agricultura UNI-RUSB, la cual permitió realizar el diseño agronómico e hidráulico correspondiente a la zona de estudio y de igual manera poder evaluar de manera correcta la aplicación del sistema de riego por goteo para la finca el Delirio.

Con los resultados de las propiedades hidro físicas en el área de estudio determinaron las características correspondientes a las demandas optimas que requiere el cultivo en cuanto a la relación, suelo-planta-agua que fundamentan el diseño.

- **Densidad aparente ( $D_a$ ).**

$$D_a = \frac{117.85}{101.7875894}$$

$$D_a = 1.16 \text{ gr/cm}^3 \quad (1)$$

Teniendo en consideración que la densidad aparente fue realizada por el método del cilindro en donde se recolectaron 8 muestras de suelo, esto empleado para la finca el Delirio el cual se obtuvo como resultado de 1.16 gr/ cm<sup>3</sup> presenta una evaluación de densidades aparentes Medias; dicho resultado expresa el volumen de suelo constituidos a la indicación de un suelo compacto.

- **Densidad real (Dr)**

$$Dr = \frac{19.84}{7.91}$$

$$Dr = 2.5 \text{ gr/cm}^3 \quad (2)$$

Habiendo determinado la densidad real que se realizó por medio de recolección de muestras de suelo homogenizadas en el cual se dividió en 2 muestra, se obtuvo un resultado de 2.5 gr/ cm<sup>3</sup> en dónde expresa la evaluación en correlación al suelo.

- **Porosidad (Pt)**

$$Pt = 1 - \left( \frac{1.16}{2.5} \right) \times 100$$

$$Pt = 53.6 \% \quad (3)$$

En la aplicación de la fórmula empleada para la obtención de la porosidad total obtuvimos como resultado que el área de estudio de la finca el Delirio cuenta con una porosidad total del 53.6 % relacionada bajo las muestras.

- **Determinación de Capacidad de campo (Cc)**

$$\%Cc = \frac{(87.25 - 64)}{(64 - 15.85)} \times 100$$

$$\%Cc = 48.14\% \quad (4)$$

El parámetro técnico para la capacidad de campo se ha realizado por el método del laboratorio en la que se procedió con la saturación de 2 muestras de suelos, luego de los procedimientos correspondientes se obtuvo como resultado el 48.14% de capacidad de campo expresando una evaluación alta, esta apreciación refiere a la capacidad de retención de agua dentro de los poros del suelo.

- **Determinación de punto de marchitez permanente (Pmp)**

$$\%Pmp = \frac{48.29}{1.84}$$

$$\%Pmp = 26.24\% \quad (5)$$

Como resultado para la evaluación del porcentaje del punto de marchitez permanente se obtuvo por medio de muestras de suelos obtenidas en el área, se determinó como resultado el 26.16% de PMP el cual expresa que la planta comienza a presentar su dificultad de aprovechamiento.

- **Potencial del hidrogeno (PH)**

Realizando el análisis se encontró que el suelo posee un PH de 7.04 clasificándolo como un suelo con PH neutro, adecuado para la absorción y disposición de los nutrientes de manera general para los diferentes cultivos siendo el Maíz el cultivo que hace referencia para este estudio.

- **Textura de suelo**

En nuestra investigación se realizó por medio del método del Hidrómetro de Bouyoucos en laboratorio la determinación de la textura del suelo el cual al realizar la prueba obtuvimos como resultado un suelo **Franco Arcilloso**, en donde se identifican la cantidad de diferentes combinaciones de partículas pertenecientes al suelo.

En él se encuentra la combinación y cohesión de ser un suelo capaz de retención y almacenamiento de agua y oxígeno, en la fertilidad, la porosidad y el drenaje del suelo en estudio. La textura juega un papel fundamental, en el cálculo de láminas indicando el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo.

- **Velocidad de infiltración**

con los datos obtenidos en campo, se determinó la velocidad de infiltración (método de campo Porchet), con un valor de **7.49 mm/hr**, lo que representa que la velocidad de infiltración es moderadamente lenta.

Este valor sería la profundidad resultante en un periodo de intervalos de 1, 5 y 10 minutos, hasta completar 120 minutos de prueba: es decir 2 horas respectivamente, (ver anexo 7).

Este valor de infiltración, tal como se explica en la tabla 4, ha sido tomado en cuenta para la selección de un sistema de riego para la finca, obteniendo así el valor de intensidad de aplicación (mm/hr), que será aplicada al diseño de riego, tomando como norma básica que la velocidad de aplicación sea menor que la velocidad de infiltración ver tabla 4

**Tabla 4**

*Velocidad de infiltración*

<b>Clasificación de infiltración</b>	<b>Rango de infiltración mm/hr</b>
<b>Muy rápido</b>	<508
<b>Rápido</b>	152-508
<b>Moderadamente rápido</b>	50-152
<b>Moderadamente rápido</b>	15-50
<b>Moderadamente lento</b>	5—15
<b>Lento</b>	1.5-5
<b>Muy lenta</b>	0.03-1.5
<b>Impermeable</b>	>0-04

**Fuente:** Elaboración propia

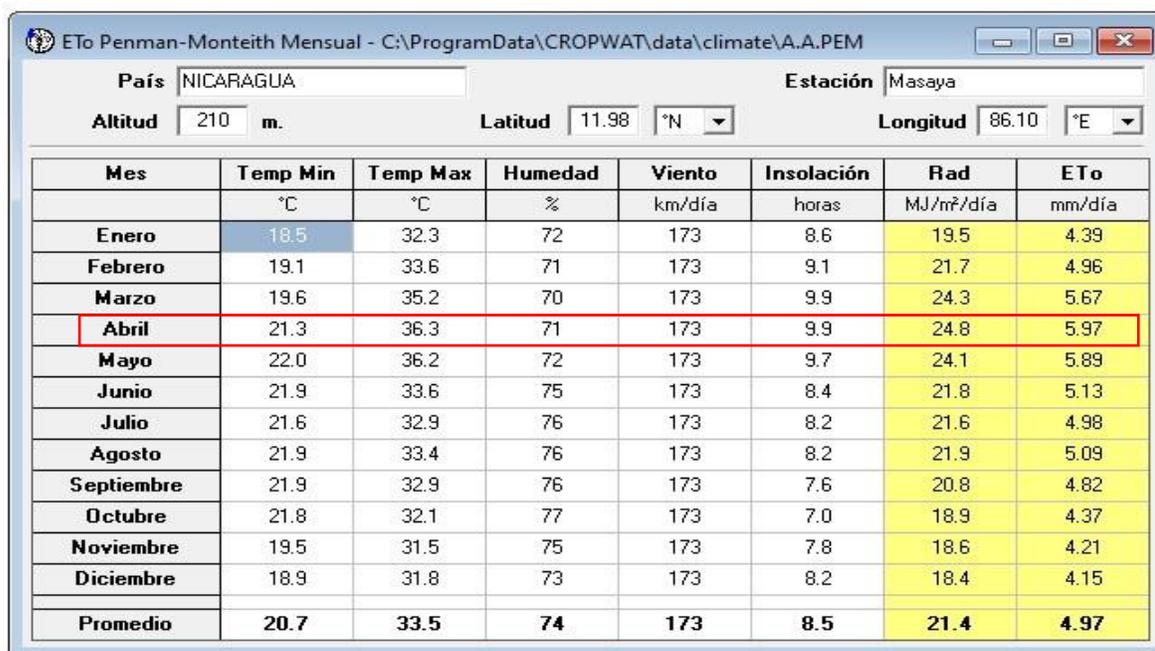
### 7.3. Determinación de los parámetros de diseño

#### - Evapotranspiración de referencia (ETO)

Para la evaluación del parámetro climatológico de la evapotranspiración ETO se realizó por medio de la aplicación de la FAO con el método de Penman-Monteith el cual esta evaluado como el enfoque recomendado para estimar los diferentes tipos de clima. La utilización del programa informático cropwat se empleó con la finalidad de obtener el valor máximo de la ETO correspondiente al valor máximo obteniendo como resultado el 5.97 mm/día siendo el mes de abril con mayor valor en temperaturas y sensación térmica.

Es por ello que estos datos se realizaron por medio de la utilización de datos reales de la estación meteorológica de Masaya siendo las más cercana a la zona de estudio, dichos datos están comprendidos entre los años 2000-2019 (ver anexo 8)

*figura 6 cálculo de evapotranspiración (ETO)*



Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	18.5	32.3	72	173	8.6	19.5	4.39
Febrero	19.1	33.6	71	173	9.1	21.7	4.96
Marzo	19.6	35.2	70	173	9.9	24.3	5.67
<b>Abril</b>	<b>21.3</b>	<b>36.3</b>	<b>71</b>	<b>173</b>	<b>9.9</b>	<b>24.8</b>	<b>5.97</b>
Mayo	22.0	36.2	72	173	9.7	24.1	5.89
Junio	21.9	33.6	75	173	8.4	21.8	5.13
Julio	21.6	32.9	76	173	8.2	21.6	4.98
Agosto	21.9	33.4	76	173	8.2	21.9	5.09
Septiembre	21.9	32.9	76	173	7.6	20.8	4.82
Octubre	21.8	32.1	77	173	7.0	18.9	4.37
Noviembre	19.5	31.5	75	173	7.8	18.6	4.21
Diciembre	18.9	31.8	73	173	8.2	18.4	4.15
<b>Promedio</b>	<b>20.7</b>	<b>33.5</b>	<b>74</b>	<b>173</b>	<b>8.5</b>	<b>21.4</b>	<b>4.97</b>

Fuente: Elaboración propia

- **Necesidades hídricas (coeficiente del cultivo Kc)**

El coeficiente Kc del cultivo está basado a las necesidades hídricas de la planta en la cual se presentan desde las fases de desarrollo más importantes determinando desde su kc inicial hasta su kc final siendo evaluado para la zona de estudio el kc máximo para las etapas de mayores demandas hídricas del cultivo y así poder tener mejor aprovechamiento para su etapa de desarrollo, en este caso se toma el valor siendo 1.20 lo cual se entiende que el cultivo tendrá mayor demanda hídrica (ver tabla 5).

**Tabla 5** Coeficiente de cultivo

Cultivo	Kc Inicial	Kc medio	Kc final
Maíz	0.30	1.20	0.35

Fuente: Elaboración propia

- **Determinación de la evapotranspiración real (ETC o ETR)**

$$Etr = 5.97 \text{ mm/día} \times 1.20$$

$$Etr = 7.16 \text{ mm/día} \quad (6)$$

Como balance a la relación de la humedad del suelo con el coeficiente de evaporación del cultivo se ha determinado que las necesidades hídricas que el cultivo necesita se obtuvieron como resultado del 7.16 mm/día siendo este efectiva para el suelo.

- **Profundidad efectiva del suelo**

En esta investigación se tomó como referencia el valor que arrojo el programa informativo cropwat el cual proporciona información de la profundidad radicular del cultivo del Maíz siendo este valor de 1 metro, con este valor se fue el indicador

correspondiente para determinar la lámina de reposición de agua que el cultivo necesita.

#### 7.4. Diseño del sistema de riego por goteo

Al realizar el diseño agronómico se toman en cuenta los datos del área, suelo y riego tal como se refleja en los siguientes procedimientos de cálculos:

- **Datos y procedimientos para el diseño de sistema de riego por goteo**
- **Porcentaje de área regada**

$$\begin{aligned}\%PAR &= \left(\frac{0.95}{0.90}\right) \times 100 \\ \%PAR &= 79\%\end{aligned}\tag{7}$$

El contenido de área mayormente regada por el sistema de riego por goteo indica un porcentaje del 79% lo que significa que el riego se concentra mayormente alrededor del lateral (zona de las raíces), disminuyendo a medida que nos alejamos por la textura del suelo y el desplazamiento del bulbo húmedo.

- **Lámina de riego**

$$\begin{aligned}Lr &= \left(\frac{48.14\% - 26.16\%}{100}\right) \times 1.16 \frac{gr}{cm^3} \times 100 \text{ cm} \\ Lr &= 25.49 \text{ cm} \cong 255.0 \text{ mm}\end{aligned}\tag{8}$$

La lámina de riego a aplicar se ha determinado con un valor de 255.0 mm esto hace referencia a la cantidad máxima de humedad que pueda tener el suelo sin que llegue al punto de marchitez y manteniendo su capacidad de retención en el campo.

- **Lamina neta o lamina Auxiliar**

$$Ln = 255 \times 0.7$$

$$Ln = 178.5 \text{ mm} \quad (9)$$

Unos de los cálculos para la suplementación de las demandas hídricas que el suelo necesita es la relación existente entre la frecuencia de riego y el agotamiento permisible el cual será el 70%, es por ello que subsecuentemente se necesitará una lámina de 178.5 mm para completar el consumo. La lamina neta se determinó con precipitaciones cero por que la época de riego en verano.

- **Demanda hídrica bruta (Dhb)**

$$Dhb = \left( \frac{178.5 \text{ mm/día}}{0.95} \right)$$

$$Dhb = 187.87 \text{ mm/día} \quad (10)$$

Las necesidades hídricas que el cultivo necesita es tomar como unidad territorial la relación de la evapotranspiración real y la eficiencia del sistema de riego (ver anexo 9), en la que da como resultado una demanda hídrica bruta de 187.87 mm/día en la que establece los ahorros de agua y aplicación del riego.

- **Frecuencia de riego**

$$Fr = \frac{178.5}{7.54}$$

$$Fr = 23 \text{ día} \quad (11)$$

El resultado de la frecuencia de riego indica que el cultivo tiene 23 días para agotar el agua almacenada, pero el resultado de la jornada de riego fue de 11 hrs (ver fórmula 19) con un déficit diario de 7.54 mm por lo cual si se desea aplicar agua tan solo para 2 días se tendría que realizar una jornada del doble de horas lo cual no

es posible ya que el día tiene solo 24 hrs, por lo antes mencionada se realizara una frecuencia de riego diaria.

- **Tiempo de riego en base al tipo de suelo**

$$Trc = \left( \frac{178.5 \text{ mm}}{7.49 \text{ mm/hr}} \right)$$

$$Trc = 23.83 \text{ hr/dia} \quad (12)$$

El tiempo de riego, se determinó de 23.83 hr/día en la que deberá durar en almacenar la aplicación de riego diaria a la profundidad y marco de riego establecidos y así poder llegar a capacidad de campo.

- **Déficit del cultivo**

$$DEF = \frac{7.16 \text{ mm/dia}}{0.95}$$

$$DEF = 7.54 \text{ mm/dia} \quad (13)$$

El resultado de las aportaciones por la transpiración en base a la ETR y a la eficiencia del riego a implementarse ver anexo 9, este es un mecanismo de aseguranza al crecimiento satisfactorio para el cultivo establecido da como resultado del 7.54 mm/día necesarios para evitar una escasez de almacenamiento de agua en nuestra área de estudio.

- **Intensidad de aplicación**

$$Ia = \frac{1.1 \text{ Lph}}{0.9 \times 0.2}$$

$$Ia = 6.11 \text{ mm/hr} \quad (14)$$

- **Tiempo de riego**

$$Trc = \left( \frac{7.54 \text{ mm}}{6.11 \text{ mm/hr}} \right)$$

$$Trc = 1.23 \text{ hr/dia} \quad (15)$$

El tiempo de riego que va en relación para cubrir las necesidades hídricas del cultivo en base a la intensidad de aplicación se obtuvo como resultado la cantidad de horas por días que dura el riego diario por turno para satisfacer la necesidad hídrica del cultivo siendo de 1.23 hr.

- **Caudal por hectárea**

$$Qha = 6.11 \text{ mm/hr} \times 10$$

$$Qha = 61.11 \text{ m}^3/\text{hr} \quad (16)$$

El cálculo de caudal por hectárea consiste en la multiplicación de la intensidad de aplicación por 10 que es un factor de conversión para áreas por hectárea obteniendo así un caudal en metros cúbicos por hora.

- **Caudal total**

$$QT = 61.11 \times 7.5 \text{ Ha}$$

$$QT = 458.33 \times 4.4 = 206.67 \text{ GPM} \approx 0. \frac{127 \text{ m}^3}{\text{seg}} \quad (17)$$

- **Caudal disponible**

$$QD = \frac{7.5 \text{ ha} \times 7.54 \times 10}{11}$$

$$QD = 51.4 \text{ m}^3/\text{hr} \quad (18)$$

**Despejando la Jornada obtenemos**

$$Jr = 11 \text{ hr}/\text{dia} \quad (19)$$

El área de estudio que cuenta con un caudal disponible de 51.4 m<sup>3</sup> para cubrir con la fase de jornada de riego que se le aplicara de 11 hr/días esto para obtener un buen desarrollo de cultivo.

- **Numero de turno**

$$\begin{aligned} \text{N}^\circ \text{ turno} &= \frac{458.33 \text{ m}^3/\text{hr}}{51 \text{ m}^3/\text{hr}} \\ \text{N}^\circ \text{ turno} &= \mathbf{9 \text{ turnos}} \end{aligned} \quad (20)$$

El número de turnos es el resultado de la división del caudal total obtenido entre el caudal disponible en metros cúbicos por hora, dicho resultado expresara el número de área subdividida a regar siendo el resultado más conveniente para la finca el delirio de realizar 9 turnos para toda el área.

- **Área por turno**

$$\begin{aligned} AT &= \frac{7.5}{9 \text{ turnos}} \\ AT &= \mathbf{0.833 \text{ ha} \cong 1.18 \text{ mz}} \end{aligned} \quad (21)$$

Para obtener el área de cada turno de riego se dividió el área total en metros por el número de turnos de riego.

- **Caudal por turno**

$$\begin{aligned} Q_{\text{turno}} &= 0.83 \text{ ha} \times \frac{61.11 \text{ m}^3}{\text{hr}} \\ Q_{\text{turno}} &= \mathbf{50.93 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}} \end{aligned} \quad (22)$$

El caudal por turno debe de ser menor o igual al caudal disponible el cual es de 51.4 m<sup>3</sup>/hr el cual el resultado de 50.93 es menor lo que se considera lo correcto.

- **Área de válvulas**

Para este estudio se determinó un área de válvula de 0.48 m siendo establecido para un caudal máximo de válvula de 2" dividido por el caudal por hectárea de toda el área a regar donde de igual manera se presenta un área de válvulas corregidas que están en relación con el área por turno dando como resultado de 0.42 m.

**Tabla 3 Datos de suelo**

Descripción	Resultado	U/M
Densidad aparente (Da)	1.16	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad real (Dr)	2.5	gr/cm <sup>3</sup>
porosidad (Pt)	53.6	%
Capacidad de campo (CC)	48.14	%
punto de marchites permanente (Pmp)	26.16	%
Potencial de hidrogeno (Ph)	7.4	%
Porcentaje de agotamiento permisible	70	%
Profundidad radicular	85	cm
Velocidad de infiltración	7.49	Mm/hr

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4** Características técnicas del riego a aplicar

Descripción	Resultado	U/M
Método de riego	Goteo	
Dirección de siembra	Este a Oeste	
Eficiencia esperada	95%	
Frecuencia de riego	1	día
Caudal del emisor	1.1	Lph
Presión de trabajo	1	Bar
Espaciamiento entre emisores (Ee)	0.2	M
Espaciamiento entre surco (Es)	0.9	M
Turno de riego	9	

Fuente: Elaboración propia

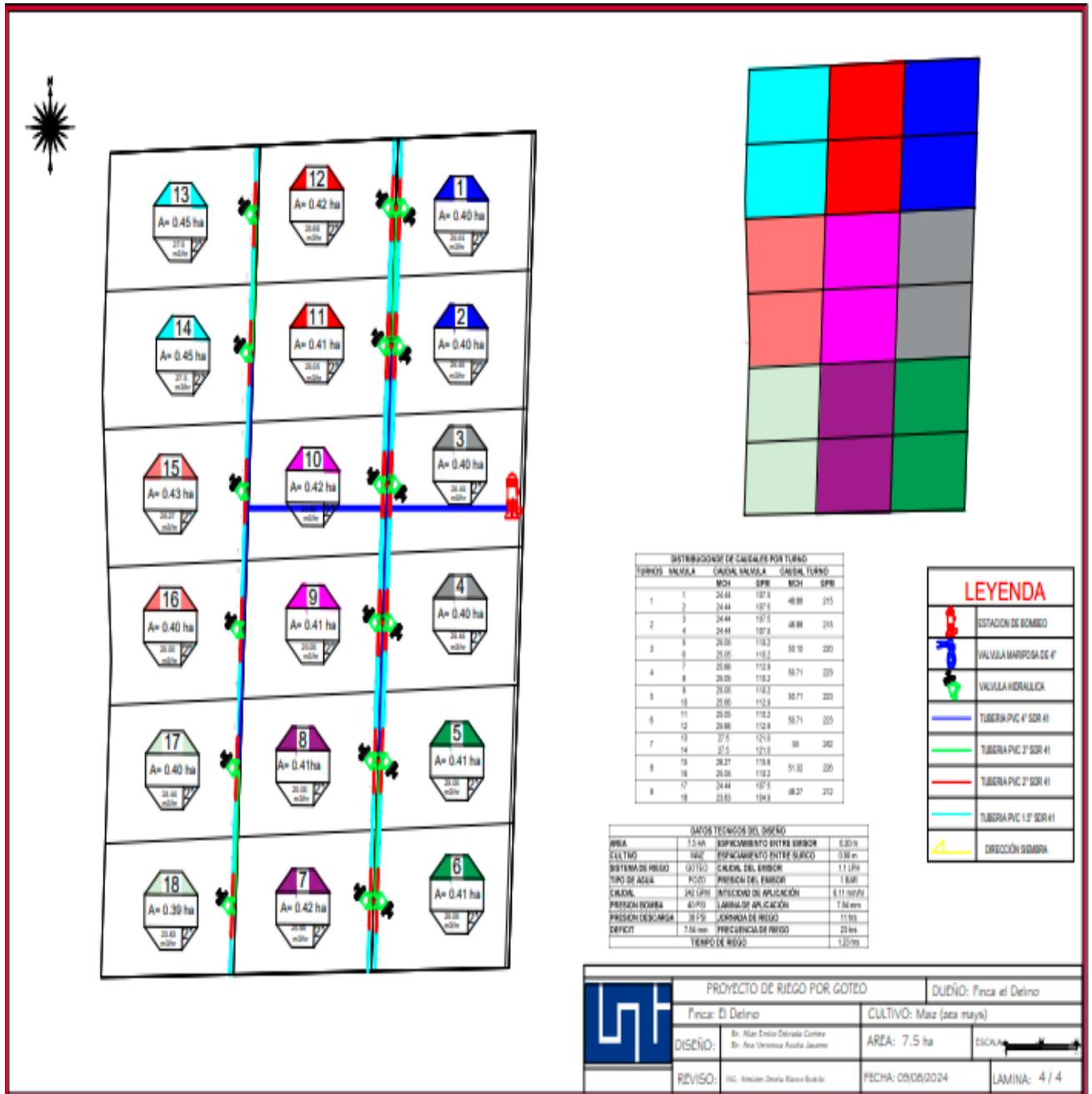
**Tabla 5** Resumen de cálculos agronómicos

DESCRIPCION	RESULTADO	U/M
Evapotranspiración potencial (ETO)	5.97	Mm/día
Coefficiente del cultivo (Kc)	1.2	Adimensional
Déficit del cultivo	7.54	Mm/día
Lamina neta (Lr) con % de agotamiento	178.5	Mm
Demanda hídrica bruta (Dhb)	187.87	mm/día
frecuencia de riego (Fr)	1	Días
Intensidad de aplicación (Ia)	6.11	mm/hr
Tiempo de riego en base a lamina corregida	173.44	hr/día
Tiempo de riego por goteo	1.23	hr/día
Caudal por hectárea	61.11	m3/hr
Caudal total	458.33	m3/hr
Caudal disponible	57.28	m3/hr
Área por turno	0.833	Ha
Caudal por turno	50.93	m3/hr
Velocidad de infiltración	7.45	mm/hr
Jornada	11.11	hr/día
Área de válvula	0.48	Ha

Fuente: Elaboración propia

## 7.5. Diseño geométrico para el sistema de riego por goteo

figura 7 Diseño geométrico del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

## 7.6. Diseño hidráulico para el diseño del sistema de riego por goteo

### - Cálculo del diámetro de la tubería de conducción en el turno crítico del sistema de riego por goteo

- Tramo A, B, F, G

$$D = \sqrt{\frac{4(0.01427)\left(\frac{m^3}{s}\right)}{\pi(1.54)^{m/s}}}$$

$$D = 0.10861 \text{ m} \approx 4" \text{ pulg}$$

- Tramo G, H

$$D = \sqrt{\frac{4(0.007297)\left(\frac{m^3}{s}\right)}{\pi(1.30)^{m/s}}}$$

$$D = 0.08453 \text{ m} \approx 3" \text{ pulg}$$

### - Cálculo del diámetro de la tubería Manifold

Turnos 1 al 9

$$D = \sqrt{\frac{4(0.003536)\left(\frac{m^3}{s}\right)}{\pi(1.40)^{m/s}}}$$

$$D = 0.05767 \text{ m} \approx 2" \text{ pulg} \quad (22)$$

$$D = \sqrt{\frac{4(0.001916)\left(\frac{m^3}{s}\right)}{\pi(1.19)^{m/s}}}$$

$$D = 0.04527 \text{ m} \approx 1 \frac{1}{2}" \text{ pulg}$$

En este diseño se utilizan tuberías PVC SDR – 41 de 4” en los tramos A-B-F-G, tubería de 3” en el tramo G-H, tomando en cuenta el turno crítico siendo el turno 7, la tubería para el manifold para cada uno de los turnos es de 2” y 1 ½”.

- **Cálculo de la pérdida por fricción en la tubería de conducción por el método de Hazen William**

- **turno 7**

$$hf = \left( \frac{10.679}{150^{1.852}} \right) \times \left( \frac{167.7(m)}{0.10872^{4.87}(m)} \right) \times 0.01425^{1.852} \left( \frac{m^3}{seg} \right)$$

$$hf = 3.14 m \approx 4.45 PSI$$

$$hf = \left( \frac{10.679}{150^{1.852}} \right) \times \left( \frac{55.07(m)}{0.08458^{4.87}(m)} \right) \times 0.007297^{1.852} \left( \frac{m^3}{seg} \right)$$

$$hf = 1.01 m \approx 1.44 PSI \quad (23)$$

En las pérdidas de fricción máxima es de 4.4 m; tomando en cuenta que este valor es el mayor de los demás y siendo este el crítico y por ende me ayudara para calcular la carga total dinámica (CTD) del diseño en estudio; se utiliza un coeficiente de rugosidad (C) es de 150 que cual es el óptimo para tubería PVC.

8. **Cálculo de la velocidad en la tubería de conducción en función del caudal del sistema de riego por goteo**

Tramo A, H, I

$$v = \frac{0.01528 \left( \frac{M^3}{SEG} \right)}{0.009283 m^2}$$

$$v = 1.65 m/s$$

Tramo I, J

$$v = \frac{0.007239 \left( \frac{M^3}{SEG} \right)}{0.005618 m^2}$$

$$v = 1.36 m/s$$

Para el cálculo de la conducción en el diseño de riego por goteo fue necesario la utilización de los tramos evaluado en medidas longitudinales y caudales medibles a velocidades constantes como 1.65 m/s a con diámetros de tubería de 4" y 3" correspondiente, teniendo en cuenta el punto crítico de nuestra red hidráulica de 4.47 mts; en el cual entra en el rango de velocidades permisibles establecidas para tuberías PVC. (ver anexo 16) TABLA 16

- **Cálculo de las perdidas por fricción en la tubería Manifold por el método de Hazen William**

- **Turno 7**

$$hf = \left( \frac{10.679}{150^{1.852}} \right) \times \left( \frac{12(m)}{0.05663^{4.87}(m)} \right) \times 0.004158^{1.852} \left( \frac{m^3}{seg} \right)$$

$$hf = 0.55 m \approx 0.78 PSI$$

$$hf = \left( \frac{10.679}{150^{1.852}} \right) \times \left( \frac{14.2(m)}{0.04522^{4.87}(m)} \right) \times 0.002255^{1.852} \left( \frac{m^3}{seg} \right)$$

$$hf = 0.63 m \approx 0.89 PSI$$

- **Cálculo de las perdidas por fricción corregidas en la tubería manifold con el factor de Christiansen**

Turno 7

$$hcf = 0.55 + 0.63 * 0.364$$

$$hcf = 0.44 \text{ m}$$

$$hcf = 0.41 + 0.48 * 0.364$$

$$hcf = 0.33 \text{ m} \quad (24)$$

La pérdida en el manifold tomando en cuenta el turno crítico es de 0.63 m, con lo cual está pérdida se corrige mediante el factor Christensen, lo cual se obtiene una pérdida corregida de 0.44 m, siendo estos valores para poder calcular la carga total dinámica (CTD).

- **Cálculo de la velocidad de la tubería Manifold en función del caudal en el sistema de riego por goteo.**

Turnos 1 al 9

$$v = \frac{0.003536 \left( \frac{M^3}{SEG} \right)}{0.002518 m^2}$$

$$v = 1.40 \frac{m}{s}$$

$$v = \frac{0.001916 \left( \frac{M^3}{SEG} \right)}{0.001606 m^2}$$

$$v = 1.19 \text{ m/s}$$

Para la realización de las pérdidas en el manifold se determinó mediante el uso de nuestros diámetros de tuberías de 2" y de 1 1/2" tomando en cuenta el turno crítico de 0.44 mts, con lo cual está pérdida se corrige mediante el factor Christensen, lo cual se obtiene una pérdida corregida de 0.44 m, siendo estos valores para poder calcular la carga total dinámica (CTD). (ver anexo 17) TABLA 17

- **Cálculo del número de salidas por lateral por área**

Turno 7

$$N^{°sl} = \frac{85}{0.20 \text{ m}} = 425 \approx 425$$

$$Ql = 425 \times 1.1 \text{ lph} = 467.5 \text{ lph} \approx 0.468 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \quad (25)$$

- **Cálculo de la perdida por fricción en el lateral por el método de Hazen William**

- **Turno 7**

$$hf = \left( \frac{10.679}{140^{1.852}} \right) \times \left( \frac{85 \text{ (m)}}{0.016^{4.87} \text{ (m)}} \right) \times 0.00013^{1.852} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \right)$$

$$hf = 3.40 \text{ m} \approx 4.84 \text{ PSI}$$

- **Cálculo de las perdidas por fricción corregidas en el lateral de riego con el fator Cristiansen**

Turno 7

$$hcf = 3.40 * 0.347$$

$$hcf = 1.18 \text{ m}$$

La perdida en el lateral de riego es 3.40 m, con lo cual está perdida se corrige por mediante el factor Cristiansen, por el número de salida de agua en el lateral, con lo cual se obtiene una perdida corregida de 1.18 m siendo lo permisible en la tubería manifold.

- **Cálculo de la velocidad en el lateral de riego en función del caudal en el sistema de riego por goteo.**

Turnos 7

$$v = \frac{0.00013 \left( \frac{M^3}{SEG} \right)}{0.00020 m^2}$$

$$v = 0.65 m/s$$

- **Cálculo de la pérdida máxima permitida en el lateral de riego**

$$hfmáx = Po * 15\%$$

$$hfmáx = 10mca * 15\%$$

$$hfmáx = 1.5 mca \tag{26}$$

La pérdida máxima permitida es del 15% y se tiene una pérdida en el lateral de 1.5 m, por lo tanto, se encuentra dentro del rango estimado. (ver anexo 18) TABLA 18

- **Cálculo de la presión en la descarga**

La presión de descarga es la fuerza que el agua tiene cuando es expulsada por una bomba.

$$P_{des} = hf + Po + Desnivel + valvula + Accesorios$$

$$P_{des} = 5.53 + 10 + 1.28 + (-4) + 1.41 + 0.44 + 2 + 0.15 + 0.34$$

$$P_{des} = 17.14 m \approx 56.23 pie \tag{27}$$

**Tabla 6** Presión de descarga

DESCRIPCION	PRESION (MTS)
EMISOR	10
CONDUCCION	5.53
MANIFOLD	0.44
LATERAL	1.28
DESNIVEL	0.5
FILTRO	1
VALVULA HIDRAULICA	1
CAUDALIMETRO	1.8
ACCESORIOS	0.43
<b>PRESION TOTAL (MTS)</b>	<b>21.98</b>
<b>PRESION TOTAL (PIE)</b>	<b>71.95</b>
<b>PRESION TOTAL (PSI)</b>	<b>31.21</b>

Fuente: Elaboración propia

- **Cálculo de la carga total dinámica (CTD) del sistema de riego por goteo**

$$\begin{aligned}
 CTD &= Nvel\ Dinamico + P_{des} \\
 CTD &= 21.94 + 91.46\ m + 3.90 \\
 CTD &= 117.34\ m \approx 166.62\ PSI
 \end{aligned}
 \tag{28}$$

- Se utiliza 21.98 m en la presión de descarga al calcular la carga total dinámica, ya que en esta se toma en cuenta el nivel dinámico y la suma de los accesorios 3.9 m, diferente a como se calculó en la presión de descarga, ya que ahí no se toma en cuenta el nivel dinámico. La bomba tendría una carga total dinámica de 159.76 psi para abastecer sin dificultad el diseño de riego por goteo.

- **Cálculo de la potencia de bombeo para el sistema de riego**

$$\begin{aligned}
 php &= \frac{242\ gpm \times 384.87\ pie}{3960 \times 0.6} \\
 php &= 39.2\ hp
 \end{aligned}
 \tag{29}$$

**Tabla 7** Carga total dinámica

DESCRIPCION	PRESION (MTS)
EMISOR	10
CONDUCCION	5.53
MANIFOLD	0.44
LATERAL	1.28
DESNIVEL	0.5
FILTRO	1
VALVULA HIDRAULICA	1
CAUDALIMETRO	1.8
ACCESORIO	4.24
NIVEL DINAMICO	91.5
PRESION TOTAL (MTS)	<b>117.34</b>
PRESION TOTAL (PSI)	<b>166.62</b>
PRESION TOTAL (PIES)	<b>384.87</b>
POTENCIA BOMBA	<b>39.2</b>

Fuente: Elaboración propia

### 7.7. Costo y presupuesto del proyecto

- Cálculo de los materiales a utilizar en el sistema de riego por goteo
- Tubería de conducción PVC

$$\sum = \text{Tubería de 4"} = 475.6 \text{ m} \quad (30)$$

$$\text{N}^\circ \text{ de tubos} = \frac{475.6}{5.8} = 82 \text{ tubos}$$

$$\sum = \text{Tubería de 3"} = 220.4 \text{ m}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de tubos} = \frac{220.4}{5.8} = 38 \text{ tubos}$$

$$\sum = \text{Tubería de 2" } = 429.2m$$

$$\text{N}^\circ \text{ de tubos} = \frac{429.2}{5.8} = 74 \text{ tubos}$$

$$\sum = \text{Tubería de 1 1/2" } = 132.38 m$$

$$\text{N}^\circ \text{ de tubos} = \frac{574.2}{5.8} = 99 \text{ tubos}$$

- **Tubería o cinta de goteo para los laterales de riego**
- **Metros de cinta de goteo**

$$\text{Metros Lineal} = \frac{\text{Area } m^2}{\text{Es } m} \quad (31)$$

$$ML = \frac{75000 m}{0.90} = 83,334 ML$$

- **Número de rollos de cinta**

$$NR = \frac{ML}{\text{long. rollo}}$$

$$NR = \frac{83,334 m}{2500} = 34 \text{ rollos de cinta} \quad (32)$$

- **Conectores PVC x 16 mm**

$$\frac{\text{lon } M}{\text{Es}} = \frac{966m}{0.9} = 1074 \text{ conectores} \quad (33)$$

- **Manguera de polietileno de 16 mm**

$$Mts\ mang\ PE = \frac{ML\ TB\ Manifold}{Esc} \times prof.\ zanja$$

$$Mts\ mang\ PE = \frac{966}{0.90\ m} \times 1\ m = 1074\ mts \quad (34)$$

- La tubería PVC tiene como longitud 6m de largo, pero efecto de cálculo se utiliza 5.8m en tubería de conducción, ya que se pierden 20 cm de distancia en la unión entre un tubo y otro. Los metros de manguera de polietileno, se considera un metro de longitud por cada surco, considerando un zanjeado con una profundidad no mayor a los 100cm, por lo tanto, se tomará un metro por cada conector de 16mm por cinta obteniendo un total de 1074 conectores.
- Los metros de manguera se calcula la longitud del manifold entre el espaciamiento de surco y la profundidad del zanjeado, teniendo, así como resultado de 60.5m, el área de estudio tiene 18 sub áreas, teniendo 9 turno, y cada turno los manifold miden 54. 35, por ende, los metros lineales de manguera de polietileno serian de 1074 metros, esto será para todo el diseño de riego por goteo.

El área de estudio está dividida en 18 sub áreas, donde en estas hay 18 válvulas hidráulica de 2", a como se muestra en el plano del diseño geométrico

**Tabla 8** Costo y presupuesto lista de materiales

PROYECTO		DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO			
<b>AREA DE RIEGO</b>	7.5 ha (10.62 Mz)				FINCA "EL DELIRIO"
<b>CAUDAL</b>	242 GPM				<b>UBICACIÓN</b>
					NINDIRI - MASAYA
<b>Lista de materiales para diseño de riego por goteo</b>					
<b>I. Materiales de riego</b>					
Nº	Cantidad	Unidad	Descripción	COST. UNIT.	COST. TOTAL
1	34	Rollo	Cinta de goteo 2500/1.1lph/0.20m	C\$ 5,630.43	C\$191,434.62
2	1075	M	Manguera de polietileno de 16mm	C\$ 9.33	C\$ 10,029.75
3	1075	UND	Conector PVC X 16 mm + empalme	C\$ 8.04	C\$ 8,646.76
4	1075	UND	Conector PE 16 mm X cinta	C\$ 4.78	C\$ 5,141.30
5	12	UND	válvula de aire cinética 1"	C\$ 580.00	C\$ 6,960.00
Costo total del material de riego				Sub total	C\$222,212.43
Costo total por manzanas				Total	C\$ 20,865.02

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 9** Costo de componentes de sarta de descarga

PROYECTO		DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO			FINCA "EL DELIRIO"	
AREA DE RIEGO	7.5 ha (10.62 Mz)				UBICACIÓN	NINDIRI-MASAYA
CAUDAL	242 GPM					
<b>II. Componentes para sarta de descarga</b>						
<b>Nº</b>	Cantidad	Unidad	Descripción	COST. UNIT.	COST. TOTAL	
<b>1</b>	1	UND	Niple FxR 4" x 80cm hg, con salida para manómetro y val. Dp	C\$ 2,800.00	C\$ 2,800.00	
<b>2</b>	1	UND	Niple RxR 4" x30cm hg, con salida para manómetro y val. Dp	C\$ 1,050.00	C\$ 1,050.00	
<b>3</b>	1	UND	Niple RxF 4" x 30cm hg	C\$ 1,050.00	C\$ 1,050.00	
<b>4</b>	1	UND	Niple FxF 4" x 1m hg	C\$ 3,500.00	C\$ 3,500.00	
<b>5</b>	1	UND	Niple FxR 4" x 50cm hg	C\$ 1,750.00	C\$ 1,750.00	
<b>6</b>	5	UND	Kit pernería; tuerca+arandela plana+arandela presion+empaque	C\$ 740.00	C\$ 3,700.00	
<b>7</b>	1	UND	Medidor de agua 4" bridado ANSI 150 Woltmann Genebre	C\$16,664.06	C\$ 16,664.06	
<b>8</b>	1	UND	Filtro anillo Helix Azud 4"	C\$11,000.00	C\$ 11,000.00	
<b>9</b>	2	UND	Manómetro de Glicerina Green Plains De 0 a 6 bar 1/4"	C\$ 579.13	C\$ 1,158.26	
<b>10</b>	1	UND	Válvula check horizontal 4"	C\$ 4,258.35	C\$ 4,258.35	
<b>11</b>	2	UND	válvula de aire DP 2"	C\$ 670.00	C\$ 1,340.00	
<b>12</b>	1	UND	Válvula gaveta 4"	C\$ 5,493.00	C\$ 5,493.00	
Costo total del material de riego				Sub total	C\$ 53,763.67	
Costo total por manzanas				Total	C\$ 5,048.23	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 10** Costos de tuberías para riego

PROYECTO		DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO			
<b>AREA DE RIEGO</b>	7.5 ha (10.62 Mz)	FINCA "EL DELIRIO"			
<b>CAUDAL</b>	242 GPM			<b>UBICACIÓN</b>	NINDIRI-MASAYA
<b>III. Tubería PVC</b>					
<b>Nº</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
1	82	UND	tubo PVC 4" x 6m SDR 41	C\$ 1,092.00	C\$ 89,544.00
2	38	UND	tubo PVC 3" x 6m SDR 41	C\$ 650.32	C\$ 24,712.16
3	4	UND	tubo PVC 3" X 6m SDR 26	C\$ 925.00	C\$ 3,700.00
4	74	UND	tubo PVC 2" x 6m SDR 41	C\$ 288.89	C\$ 21,377.86
6	99	UND	tubo PVC 1 1/2 x 6m SDR 41	C\$ 206.32	C\$ 20,425.68
7	1	UND	tubo PVC 1" x 6m SDR 26	C\$ 205.00	C\$ 205.00
Costo total del material de riego				Sub total	C\$ 159,964.70
Costo total por manzanas				Total	C\$ 15,020.16

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 11** Lista de materiales para accesorio de riego

PROYECTO		DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO			
AREA DE RIEGO CAUDAL		7.5 ha (10.62 Mz)		FINCA "EL DELIRIO"	
		242 GPM		UBICACIÓN	NINDIRI-MASAYA
<b>IV. Accesorios de riego</b>					
Nº	Cantidad	Unidad	Descripción	COST. UNIT.	COST. TOTAL
1	36	UND	Reducción lisa PVC 2" x 1 1/2" S40	C\$ 27.47	C\$ 988.92
2	12	UND	Reducción lisa PVC 2"x 1" S40	C\$ 28.71	C\$ 344.52
3	16	UND	Reducción lisa PVC 3" x 2" S40	C\$ 93.97	C\$ 1,503.52
4	13	UND	Reducción lisa PVC 4" x 3" S40	C\$ 208.49	C\$ 2,710.37
5	36	UND	Tee lisa PVC 2" S40	C\$ 44.64	C\$ 1,607.04
6	4	UND	Tee lisa PVC 3" S40	C\$ 204.55	C\$ 818.20
7	11	UND	Tee lisa PVC 4" S40	C\$ 317.44	C\$ 3,491.84
8	18	UND	Codo liso PVC 90° x 2" S40	C\$ 46.64	C\$ 839.57
	2	UND	Codo liso PVC 45° X 4" S40	C\$ 280.00	C\$ 560.00
9	4	UND	Codo liso PVC 45° x 2" S40	C\$ 45.12	C\$ 180.48
10	36	UND	Codo liso PVC 45° x 1 1/2" S40	C\$ 35.94	C\$ 1,293.84
11	3	UND	Teflón	C\$ 32.50	C\$ 97.50
12	1	GALON	Pegamento PVC	C\$ 514.36	C\$ 514.36
14	12	UND	Adaptador hembra PVC 1 1/2"	C\$ 43.06	C\$ 516.72
15	1	UND	silicón tubo grande	C\$ 290.00	C\$ 290.00
18	4	UND	Válvula de bola lisa PVC 2"	C\$ 374.40	C\$ 1,497.60
19	36	UND	Válvula de bola lisa PVC 1 1/2"	C\$ 267.80	C\$ 9,640.80
Costo total de accesorio				Sub total	C\$ 26,895.28
costro total por manzana				Total	C\$ 2,511.23

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 12 Costos de instalación del riego**

PROYECTO			DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO		
<b>AREA DE RIEGO CAUDAL</b>		7.5 ha (10.62 Mz) 242 GPM	<b>UBICACIÓN</b>		FINCA "EL DELIRIO" NINDIRI-MASAYA
<b>V. Costo de instalación</b>					
Nº	Cantidad	Unidad	Descripción	COST. UNIT.	COST. TOTAL
1	7.5	ha	Instalación y mano de obra	C\$ 4,395.00	C\$ 32,962.50
2	1	-	Trasporte de materiales y movimiento del personal	C\$ 7,324.00	C\$ 7,324.00
3	1	Días	Imprevisto (10%)	C\$ 4,395.00	C\$ 4,395.00
Costo total de instalación				Sub total	C\$ 44,681.50
Costo total del sistema de riego por goteo				Total C\$	C\$ 507,517.58
				Total \$	\$ 13,716.69
				IVA	\$ 1,371.67
				<b>TOTAL + IMPUESTO</b>	<b>\$ 15,088.36</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 13 Costos Totales del sistema de riego por goteo**

<b>Finca el delirio, Municipio de Nindirí, Masaya</b>			
Área de riego	7.5 ha (10.71 Mz)		
Costo x manzana	\$ 1,408.81	C\$ 52,125.99	Diseño de sistema de riego por goteo
Costo total	\$15,088.36	C\$558,269.34	

Fuente: Elaboración Propia

## VIII. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados en el diseño de riego por goteo para el cultivo de maíz (variedad Nutrader), ubicada en la finca el delirio en el municipio de Nindirí departamento de Masaya se concluye lo siguiente:

1. De acuerdo al levantamiento topográfico se delimito el área de diseño de riego la cual fué de 7.5 HA y a su vez se determinaron las curvas a nivel dando como resultado un desnivel máximo de 0.5 metros desde el equipo de bombeo hasta el punto más alto del terreno, lo cual indica que la topografía es apta para el establecimiento del sistema de riego por goteo; a su vez se analizaron los resultados hidrofisicos de los estudio de suelo y se obtuvo una textura franco arcillosa, en base a ello se pueden seleccionar goteros con espaciamiento cada 20cm y 30cm entre si garantizando el empalme de los bulbos húmedos; para este proyecto se seleccionó un espaciamiento de 20 cm entre gotero.
2. Para obtener el diseño agronómico se tomó la información obtenida de los estudios hidrofisicos de suelo y de la cinta de goteo a utilizar dando como resultado un déficit diario de 7.54mm y una jornada de riego de 11 horas aplicando una lamina de riego de 61.11mch/ha. Por consiguiente, en el diseño geométrico del área de riego fue dividida en 9 turnos de 0.83 HA cada uno y teniendo 18 válvulas de riego regando dos simultáneamente; Y a la vez se trazó la tubería de conducción y manifold por lo cual se pudo determinar el diseño hidráulico obteniendo tubería de conducción de 4" y 3", tubería manifold de 2" y 1.5" y una presión de descarga de 36.7 PSI cumpliendo con la presión de trabajo de la bomba existente con una carga total dinámica de 117.34 m.

3. El costo de inversión del sistema de riego por goteo se determinó en base a los resultados del diseño agronómico, geométrico, hidráulico y a los materiales de riego a utilizar en campo como lo son: cinta de goteo, conectores, válvulas, tubería pvc etc. Se determinó que el costo de inversión será el total de \$15,088.36 dólares estadounidense, lo que equivale a \$1,408.81 dólares por manzana, donde esto es equivalente al costo total de C\$558,269.34 en córdobas nacionales. En conclusión, este proyecto suministra los parámetros necesarios para su ejecución y dar la solución a la problemática del suministro de agua al cultivo.

## **IX. RECOMENDACIONES**

- Utilizar los planos proporcionados en este documento para la ejecución del proyecto.
- En caso que el propietario desarrolle el proyecto, cotizar la lista de materiales proporcionada, en diferentes casas comerciales para realizar comparación de precio.
- Colocar en la sarta de descarga los equipos de protección recomendados.
- Este diseño fue realizado considerando los parámetros más adecuados que permiten una mayor eficiencia de riego y funcionamiento.
- Brindar una solución óptima al productor ante las temporadas de sequía lo cual tendrá buen rendimiento y producción del cultivo en todo el año, ya que debido al cambio climático las temporadas de lluvia o sequia pueden variar en la época del año.

## X. BIBLIOGRAFIA

- Bejarano, M. (07 de Diciembre de 2018). Managua . Obtenido de El Nuevo Diario.
- CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS. (NOVIEMBRE de 1975). *ESTACION EXPERIMENTAL LA ESTANZUELA*. Obtenido de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6302/1/Hoja-de-divulgacion-49.pdf>
- CHOW, I. J. (s.f.). *CALCULO DE REQUIRIMIENTO DE RIEGO*. Obtenido de [https://www.riego.elesteliano.com/ayuda/Fto2\\_Requerimientos\\_de\\_riego.htm](https://www.riego.elesteliano.com/ayuda/Fto2_Requerimientos_de_riego.htm)
- FAO. (1993). *EL MAIZ EN LA NUTRICIÓN HUMANA* . ROMA . Obtenido de <https://www.fao.org/4/t0395s/T0395S02.htm#Capitulo%201%20Introducci%C3%B3n>
- FEDERICK, P. (2020 ). *PARAMETROS HIDRAULICOS PARA RIEGO POR GOTEO UNA* . Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/4252/1/tnf06f619.pdf>
- FRANKLIN ELECTRIC. (2024). *BOMBAS SUMERGIBLE SERIE SSI-6" . LATIN AMERICA - SERIE SSI - 6. MEXICO*. Obtenido de <https://franklinelectric.mx/bombas-sumergibles/bomba-sumergible-serie-ssi/>
- fuentes, J. L. (2006). *Características agronomicas del riego por goteo*. Madrid: Neografis S.L . Obtenido de [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1990\\_17.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1990_17.pdf)
- GIOVANNY, C. (2012). *PARAMETROS HIDROFISICOS DE SUELO AGRICOLA. ESTELI, NICARAGUA* . Obtenido de <https://ribuni.uni.edu.ni/1031/1/38215.pdf>
- Gomez, R. F. (2010). *Manual de riego para agricultores: módulo 4. Riego localizado*. (J. ANDALUCIA, Ed.) Andalucía: CONSEJERIA DE AGRICULTURA Y PESCA . Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/riego-localizadopdf/256290570>
- GONZALES, R. (2016). *SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MUNICIPIO TIPITAPA PARA INGENIERO AGRICOLA*. Obtenido de <https://ribuni.uni.edu.ni/1668/1/JM0005.pdf>
- Guerreño, J., López, C., & Villalba, J. (2019). *Guia técnica del cultivo del maiz*. San Lorenzo, Paraguay. Obtenido de [https://www.jica.go.jp/Resource/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt\\_04.pdf](https://www.jica.go.jp/Resource/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf)

- Guia Agropecuaria. (2016). Situacion De Riego En Nicaragua. *Sistemas De riego*, 8. Obtenido de <https://guiagrnicaragua.com/wp-content/uploads/2016/10/Situaci%C3%B3n-del-Riego-en-Nicargua-MLE-Edi2016.pdf>
- Guia lab-FSU, U. (2019). *Guia de practica de laboratorio fundamentos de suelo*.
- Herrera, F., & Mendoza, E. (Febrero de 2012). Diseño de un sistema de riego por goteo utilizando energía. *monografia UNI*. Obtenido de <https://ribuni.uni.edu.ni/1089/1/38217.pdf>
- ILENA RIVAS, U. L. (2012). *DISEÑO DE RIGO CEA-UNI*. Obtenido de <https://ribuni.uni.edu.ni/1034/1/38245.pdf>
- INATEC. (2018). *Guia Tecnologica Del Cultivo Del Maiz*. NIVEL DE FORMACIÓN Y ESPECIALIDAD TECNICO GENERAL AGROPECUARIO , Managua. Obtenido de [https://www.tecnacional.edu.ni/media/Granos\\_Basicos.pdf](https://www.tecnacional.edu.ni/media/Granos_Basicos.pdf)
- INGEMECANICA. (s.f.). CALCULO DE UNA INSTALACION DE RIEGO POR GOTEO. *TUTORIAL 207*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn207.html>
- INTA. (2013). *CATALOGO DE SEMILLA DE GRANOS BASICOS* . Managua. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/19830/CDNI22028614e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Intagri. (2012). *Sistema de Riego por Goteo*. Oaxaca. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/cereales/introduccion-al-cultivo-de-maiz-en-riego-por-goteo>
- Jarquín, G. A., & Aguero, C. A. (6 de 2012). Determinación de Parámetros Hidrofísicos en los suelos del Centro de desarrollo tecnologico CTD-INTA mirafior, las nieva segobi, esteli . Tesis .
- MAG. (1998). El Riego En Nicaragua. Managua: inpaasa.
- Manual de capacitacion. (2015). Riego por goteo. *1. edicion especial UCAR. unidad para el cambio Rural* . Obtenido de <http://www.prosap.gov.ar/Docs/3-%20Sistema%20de%20riego%20por%20goteo.pdf>
- Manuel, J. A., Martinez, D., & Rivas, F. (s.f.). Universidad Sonara; cultivo del maíz. Obtenido de <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20MAIZ.pdf>
- Marcela, I., & Antonio, U. (2012). Diseño de Riego por Asperción en CEA-UNI. Managua: Tesis.

- MEFCCA. (s.f.). MANUAL DE GRANOS BÁSICOS. MANAGUA , NICARAGUA .  
Obtenido de  
<https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/cartilla/documento2984638.pdf>
- PANORAMAAGRO. (2018). Los Requerimientos Hidricos Del Maiz. (C. Reyes, Ed.) Obtenido de <https://panorama-agro.com/?p=2990>
- Rodas, A. (s.f.). NINDIRI. *Ficha municipal; Academia,edu*, 19. Obtenido de <https://www.academia.edu/16799984/NINDIRI>
- ROSA MEJIA, M. R. (2021). *TRABAJO DE TESIS PARA TITULO AGRICOLA EVALUACION DE RIEGO GOTEO UNA* .
- Sneh, M. (2006). *EL RIEGO POR GOTEO*. ISRAEL , ESTADO DE ISRAEL .  
Obtenido de file:///C:/Users/user/Downloads/Sneh
- TRAXCO, S.A. (2017). *INTENSIDAD DE APLICACION DEL RIEGO*. Obtenido de <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/aplicacion-del-riego#:~:text=La%20intensidad%20de%20aplicaci%C3%B3n%20del%20riego%2C%20un%20t%C3%A9rmino%20que%20se,en%20que%20aplica%20el%20agua>.
- Valverde, I. J. (2022). Sistema de riego por goteo. *Ficha Tecnica*. San Jose, Costa Rica. Obtenido de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-2235.pdf>
- WIKIPEDIA . (s.f.). *WIKIPEDIA LA ENCICLOPEDIA LIBRE* . Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Zea\\_mays#Taxonom%C3%ADa](https://es.wikipedia.org/wiki/Zea_mays#Taxonom%C3%ADa)

## XI. ANEXOS

### *ANEXO 1 Levantamiento técnico de campo*

<b>DATOS TECNICOS DE CAMPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIONES</b>
<b>TECNICO</b>	ALLAN CORTEZ, ANA JACAMO	
<b>UBICACIÓN FINCA</b>	NINDIRI, MASAYA	
<b>AREA MZ</b>	10.5	
<b>FUENTE DE AGUA</b>	POZO	
<b>TIPO DE FUENTE DE AGUA</b>	POZO	
<b>EQUIPO DE BOMBEO</b>	BOMBA	
<b>PRESION DE DESCARGA PSI</b>	20 psi	
<b>CAUDAL DEL EQUIPO DE BOMBEO</b>	60 M3H	Esto se obtuvo mediante un aforo por el método volumétrico realizado en el pozo
<b>NIVEL DINAMICO</b>	300 pie	
<b>ENERGIA ELECTRICA</b>	TRIFASICA	
<b>POTENCIA DEL EQUIPO DE BOMBEO</b>	40	HP
<b>CULTIVO</b>	MAIZ	
<b>DIRECION DE SIEMBRA</b>	ESTE A OESTE	
<b>SISTEMA DE RIEGO</b>	GOTEO	
<b>DESNIVEL</b>	-4	
<b>TIPO DE SUELO</b>	FRANCO ARCILLOSO	

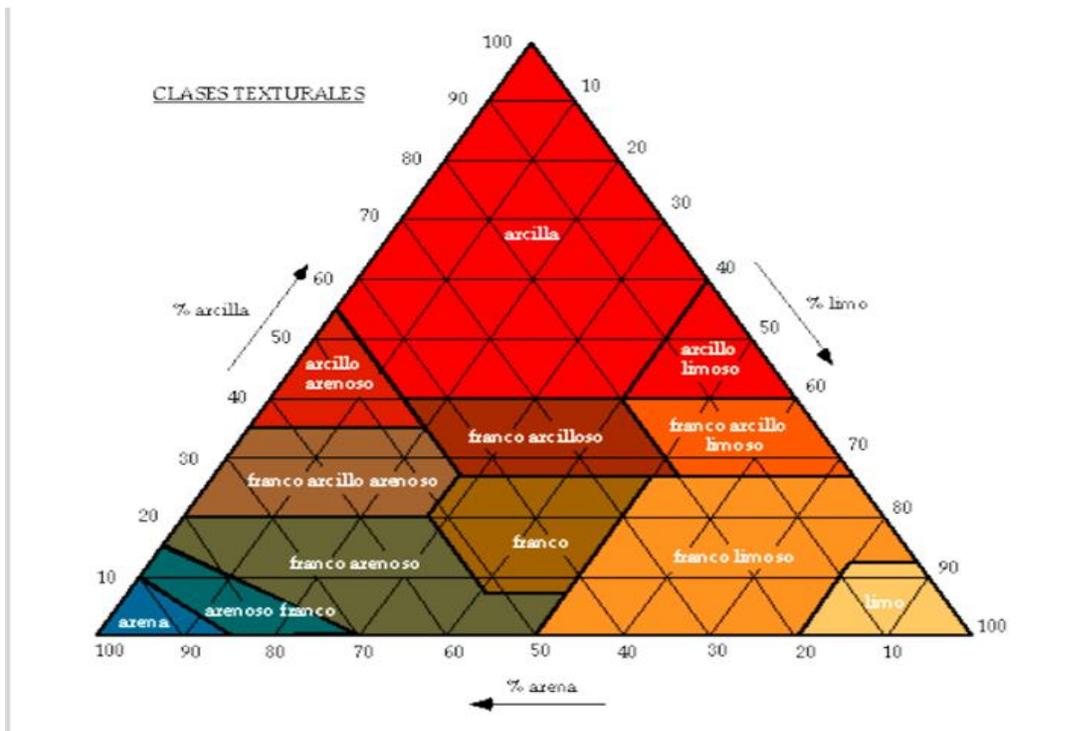
Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO 2 Muestra de suelo y prueba de infiltración



Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO 3 Triangulo textural del suelo



Fuente: (Guia lab-FSU, 2019)

## ANEXO 4 Determinación de PH



Fuente: (Guía lab-FSU, 2019)

## ANEXO 5 Evaluación de Da y porosidad

### Evaluación de la densidad aparente

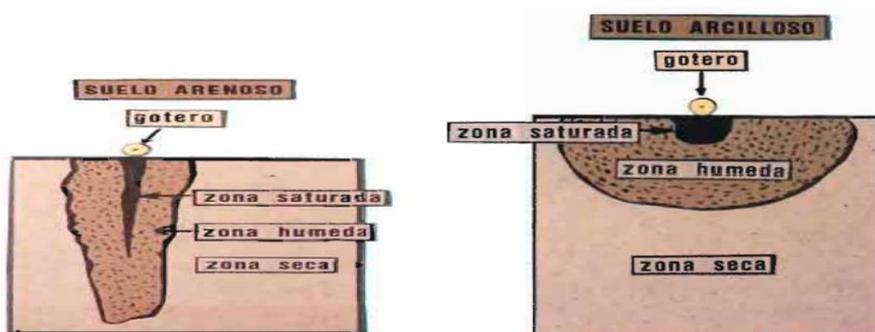
Evaluación Aparente (Da)	Densidad gr/cm <sup>3</sup>
Muy Baja	<1.0
Baja	1.0 – 1.2
Media	1.2 – 1.45
Alta	1.45 – 1.60
Muy Alta	>1.60

### Evaluación de la porosidad total

Evaluación Total (Pt)	Porosidad (%)
Muy Alta	>65
Alta	55 – 65
Media	45 – 55
Baja	40 – 45
Muy Baja	<40

Fuente: (Guía lab-FSU, 2019).

## ANEXO 6 Bulbo húmedo del suelo



Fuente: (Sneh, 2006).

## ANEXO 7 Prueba de velocidad infiltración

Prueba de Infiltración, Porchet		X					
Lugar: Comunidad el pasto		Y					
Inicio		05:30:00 am					
Final		07:30:00 am					
Diámetro		30	Ubicación		Finca el delirio		
Radio		15	Textura:		Franco Arcilloso		
Tiempo	Profundidad	R/2(T1-T2)	$\ln((2h1+R)/(2h2+R))$	Vel. Infiltración (cm/min)	Vel. Infiltración (cm/hora)	Vel. Infiltración (m/día)	Vel. Infiltración (m/día)
0	30	7.5					
1	25	7.5	0.14	1.07	64.40	15.45	643.95
2	22	7.5	0.10	0.73	43.58	10.46	435.82
3	21.2	7.5	0.03	0.21	12.37	2.97	123.72
4	21	7.5	0.01	0.05	3.15	0.76	31.47
5	20.8	7.5	0.01	0.05	3.17	0.76	31.69
6	20.3	7.5	0.02	0.13	8.02	1.93	80.22
7	20.1	7.5	0.01	0.05	3.25	0.78	32.49
8	20	7.5	0.00	0.03	1.63	0.39	16.33
9	19.9	7.5	0.00	0.03	1.64	0.39	16.39
10	19.6	1.5	0.01	0.02	0.99	0.24	9.91
15	19.5	1.5	0.00	0.01	0.33	0.08	3.33
20	18.8	1.5	0.03	0.04	2.36	0.57	23.64
25	18.7	1.5	0.00	0.01	0.34	0.08	3.43
30	18.4	1.5	0.01	0.02	1.04	0.25	10.36
35	17.7	1.5	0.03	0.04	2.47	0.59	24.66
40	17.2	1.5	0.02	0.03	1.80	0.43	18.04
45	16.5	1.5	0.03	0.04	2.59	0.62	25.87
50	16.4	1.5	0.00	0.01	0.38	0.09	3.76
55	16	1.5	0.02	0.03	1.52	0.36	15.19
60	15.9	1.5	0.00	0.01	0.38	0.09	3.84
65	15.7	1.5	0.01	0.01	0.77	0.19	7.73
70	15.4	1.5	0.01	0.02	1.17	0.28	11.71
75	15.2	1.5	0.01	0.01	0.79	0.19	7.89
80	14.8	1.5	0.02	0.03	1.60	0.38	16.00
85	14.6	1.5	0.01	0.01	0.81	0.19	8.11
90	14.5	0.75	0.00	0.00	0.20	0.05	2.04
100	14.2	0.75	0.01	0.01	0.62	0.15	6.18
110	13.9	0.75	0.01	0.01	0.63	0.15	6.26
120	13.6	0.75	0.01	0.01	0.64	0.15	6.35
				Promedio	0.52	0.13	7.49

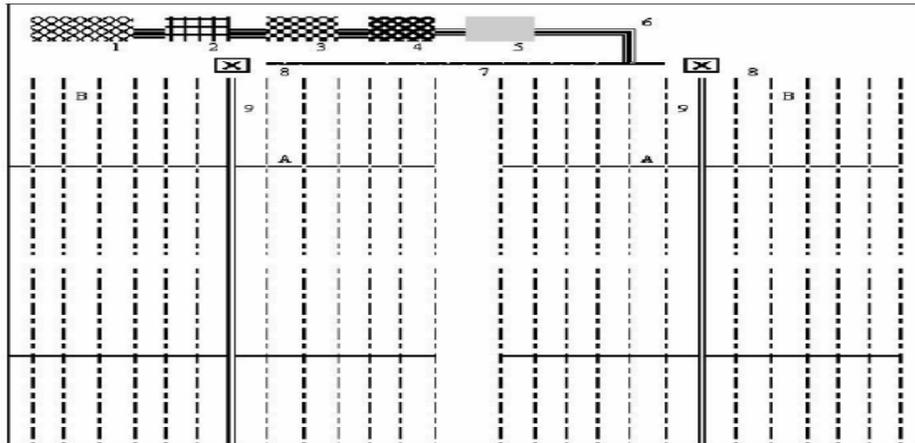
Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO 8 Datos meteorológicos de la zona

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES														
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA														
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL														
Departamento:	MASAYA (L. OXIDACION) /						Código:	690115						
Departamento:	MASAYA						Municipio:	MASAYA (L. OXIDACION)						
Latitud:	11°58'48"						Longitud:	86°06'18"						
Años:	1999-2019						Elevación:	210 msnm						
Parámetro:	Temperatura Máxima Absoluta (C°)						Tipo:	PV						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Maximo	Años
1999	30.6	33.2	34.5	37.0	35.0	34.7	32.7	32.1	31.9	30.9	31.0	31.0	37.0	12
2000	31.1	32.1	34.2	35.8	36.1	34.0	33.1	34.2	33.0	31.4			36.1	10
2001	32.0	32.2	34.2	35.2	36.0	33.3	32.4	33.8	31.8	32.3	30.7	32.5	36.0	12
2002	32.2	32.7	35.1	35.0	36.0	32.6	32.7	33.1	33.5	32.2	32.3	32.3	36.0	12
2003	32.5	34.2	34.4	36.5	36.3	32.8	32.5	32.5	33.4	32.4	31.5	31.9	36.5	12
2004	32.0	34.2	34.2	35.7	35.3	32.6	33.1	33.8	32.6	31.6	31.1	30.9	35.7	12
2005	32.2	34.2	36.2	36.2	36.3	32.8	33.2	33.0	32.5	30.6	30.7	30.6	36.3	12
2006	32.6	32.5	34.4	36.1	35.8	33.4	33.2	33.3	33.9	33.2	31.0	32.2	36.1	12
2007	32.2	33.5	35.4	36.2	36.8	33.7	33.8	33.2	31.9	31.5	30.7	30.2	36.8	12
2008	31.5	32.4	34.2	35.4	36.5	33.2	31.9	32.7	32.2	31.9	31.0	30.3	36.5	12
2009	32.3	33.0	35.1	35.7	35.5	33.0	32.7	32.7	33.6	32.7	32.5	32.7	35.7	12
2010	33.5	34.8	36.6	36.7	35.8	33.2	32.5	32.5	32.6	32.2	30.9	31.0	36.7	12
2011	32.4	33.4	36.5	36.7	36.8	33.9	32.5	33.0	32.2	32.0	31.1	31.5	36.8	12
2012	31.4	32.8	34.7	35.8	36.0	33.4	32.8	33.0	32.0	32.0	32.0	32.9	36.0	12
2013	32.9	34.3	35.6	36.8	36.0	33.6	31.7	33.2	32.3	31.7	31.3	31.5	36.8	12
2014	32.5	33.9	35.7	36.6	36.8	35.2	35.0	34.8	33.2	32.4	31.5	33.2	36.8	12
2015	32.8	34.5	35.4	36.8	36.0	35.7	33.2	35.6	34.4	33.7	32.8	33.6	36.8	12
2016	33.8	34.5	36.4	37.2	37.4	33.9	34.0	35.2	33.4	33.2	32.0	32.5	37.4	12
2017	33.5	34.9	36.2	37.3	36.0	34.2	33.0	32.8	33.5	32.3	32.3	31.5	37.3	12
2018	32.4	32.9	35.2	36.7	36.2	32.5	-	-	33.1	32.4	32.5	32.0	36.7	10
2019	32.6	34.8	35.4	37.2	37.5	-	-	-	-	-	-	-	37.5	5
<b>Suma</b>	<b>679.0</b>	<b>705.0</b>	<b>739.6</b>	<b>762.6</b>	<b>760.1</b>	<b>671.7</b>	<b>626.0</b>	<b>634.5</b>	<b>657.0</b>	<b>642.6</b>	<b>598.9</b>	<b>604.3</b>	<b>767.5</b>	<b>20.1</b>
<b>Media</b>	<b>32.3</b>	<b>33.6</b>	<b>35.2</b>	<b>36.3</b>	<b>36.2</b>	<b>33.6</b>	<b>32.9</b>	<b>33.4</b>	<b>32.9</b>	<b>32.1</b>	<b>31.5</b>	<b>31.8</b>	<b>36.5</b>	
<b>Max</b>	<b>33.8</b>	<b>34.9</b>	<b>36.6</b>	<b>37.3</b>	<b>37.5</b>	<b>35.7</b>	<b>35.0</b>	<b>35.6</b>	<b>34.4</b>	<b>33.7</b>	<b>32.8</b>	<b>33.6</b>	<b>37.5</b>	
<b>Min</b>	<b>30.6</b>	<b>32.1</b>	<b>34.2</b>	<b>35.0</b>	<b>35.0</b>	<b>32.5</b>	<b>31.7</b>	<b>32.1</b>	<b>31.8</b>	<b>30.6</b>	<b>30.7</b>	<b>30.2</b>	<b>35.7</b>	

Fuente: INETER

## ANEXO 9 Esquema general del riego por goteo



### IL.4.1. Esquema general de un sistema de riego por goteo

1 - Fuente de agua	4 - Estación de filtrado	8 - Cabezal sectorial
2 - Estación de bombeo	5 - Unidad de inyección	9 - Tubería terciaria
3 - Estación de medición, control y monitoreo	6 - Tubería principal	A - Porta-laterales
	7 - Tubería secundaria	B - Lateral

Fuente: (Sneh, 2006).

## ANEXO 10 Cinta de goteo

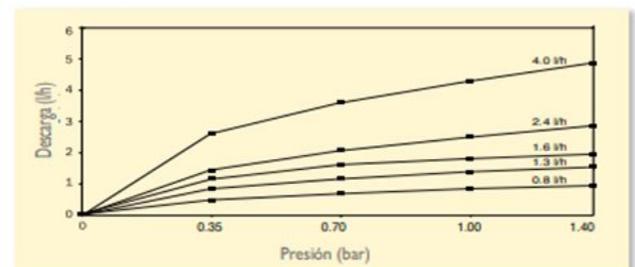


Fuente: Catalogo AGRIZEN

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

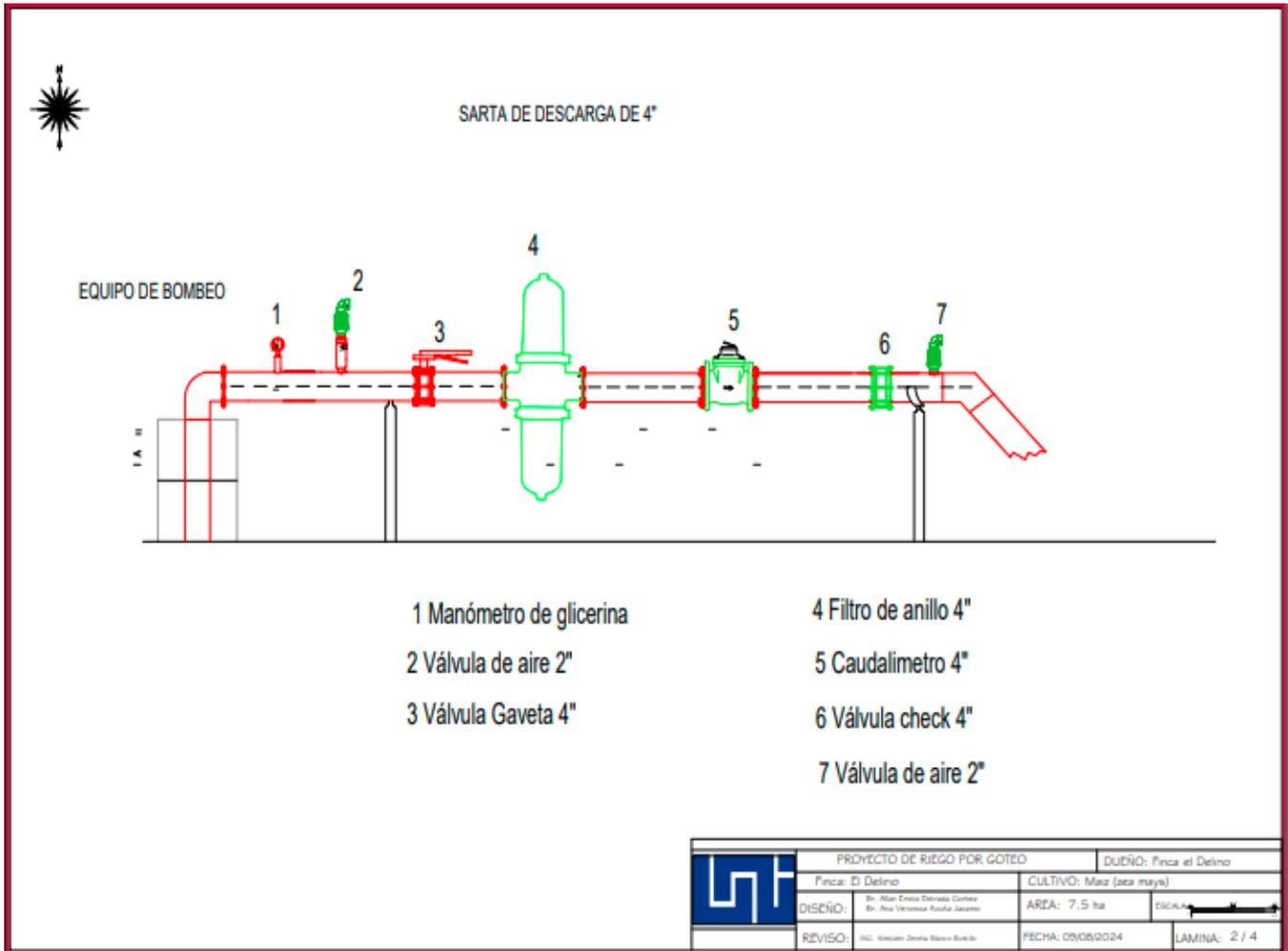
Caudal del gotero		Exponente del gotero	Coeficiente de flujo	Coef. de variación	Dimensión del pasaje de agua mm		
l/h a 0.7 bar	l/h a 1.0 bar				x	k	CVm
0.6	0.8	0.49	0.8	4.0	58	0.5	0.60
1.1	1.3	0.54	1.3	4.5	58	0.7	0.60
1.4	1.6	0.54	1.5	3.0	58	0.7	0.65
2.0	2.4	0.50	2.4	3.5	58	0.8	0.80
3.5	4.0	0.50	4.0	2.0	58	1.0	0.90

Ecuación de flujo  $q = kHX$ ,  $q$  = descarga, l/h,  $H$  = cabezal de presión,  $kg/cm^2$ ,  $x$  = Exponente del gotero



Fuente: (NAANDANJAIN).

## ANEXO 11 Sarta de descarga



Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 12 Características de bombas sumergible



### Serie SSI - 6"

Diseñadas para aplicaciones industriales y para la agricultura, bombas sumergibles Serie SSI están construidas con impulsores y difusores de acero inoxidable troquelado de alta calidad para las aplicaciones más demandantes.

\* Para consultar los números de parte de los repuestos visite las hojas de catálogo.

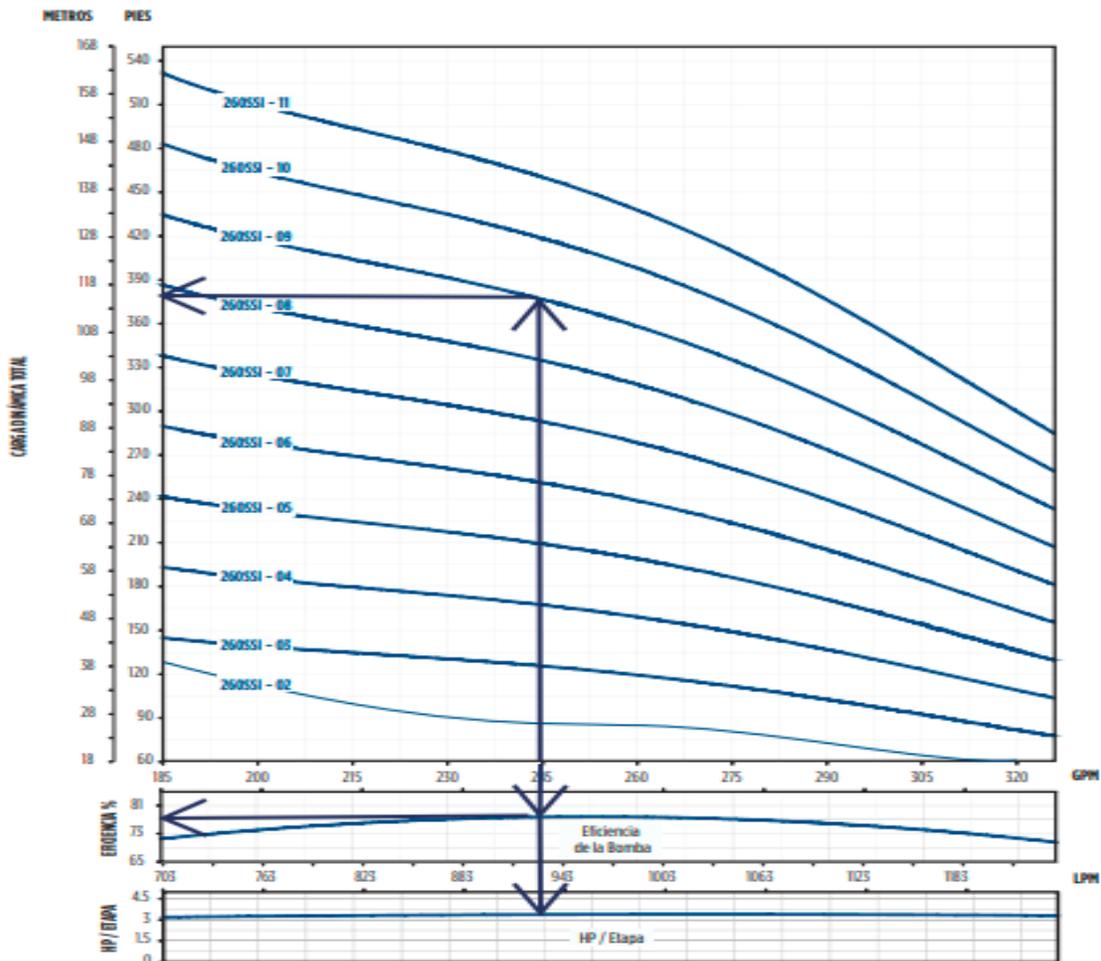
#### Aplicaciones

- Sistemas de Riego por Aspersión y por Pivote Central
- Drenado y Suministro de Agua en Aplicaciones de Minería
- Sistemas de Riego en Invernaderos
- Suministros y Transferencia de Agua en Municipalidades
- Limpieza de Establos y Llenado de Abrevaderos

Fuente: (FRANKLIN ELECTRIC, 2024).

## ANEXO 13 Curva características de la bomba

### CURVA DE RENDIMIENTO - SSI 6" 260 GPM - 02-11 ETAPAS



Fuente:

**ANEXO 14** *Coeficiente de rugosidad*

Material de tubería	Coeficiente CHW
PVC	150
polietileno	140
Asbesto cemento	140
Acero nuevo	130
Aluminio con acoples	120
Acero viejo	85

**ANEXO 15** *Perdidas en la conducción*

Tramo	LONGITUD	CAUDAL	CAUDAL	DIAMETRO			C	PERDIDA	PERDIDA
	(mts)	(mch)	(mcs)	Pulg.	mm	m		(mts)	(psi)
A,B,C	167.7	50.7	0.014089	4"	108.72	0.10872	150	3.07	4.37
C,D	55.07	25.66	0.007128	3"	84.58	0.08458	150	0.97	1.38
							TOTAL, HF	4.04	
A,B,	113.88	50.7	0.014089	4"	108.72	0.10872	150	2.09	2.97
C,E	79.49	25.66	0.007128	4"	108.72	0.10872	150	0.41	0.59
							TOTAL, HF	2.50	
A,E,F	132.37	50.75	0.014097	4"	108.72	0.10872	150	2.37	3.37
F, G	53.85	25.66	0.007128	3"	84.58	0.08458	150	0.95	1.35
							TOTAL, HF	3.32	
A,H,I	209.82	55	0.015278	4"	108.72	0.10872	150	4.47	6.35
I,J	53.29	27.5	0.007639	3"	84.58	0.08458	150	1.07	1.52
							TOTAL, HF	5.53	
A,H	156.84	51.33	0.014258	4"	108.72	0.10872	150	2.94	4.18
I,K	192.22	24.44	0.006789	4"	108.72	0.10872	150	0.91	1.30
							TOTAL, HF	3.85	
A,I,K	250.62	48.28	0.013411	4"	108.72	0.10872	150	4.19	5.96
K,L	53.16	23.83	0.006619	3"	84.58	0.08458	150	0.67	0.95

Fuente: Elaboración Propia

**ANEXO 16** *Perdidas en el Manifold*

Turno	LONGITUD	CAUDAL	CAUDAL	DIAMETRO			C	PERDIDA	PERDIDA
	(mts)	(mch)	(mcs)	Pulg.	mm	m		(mts)	(psi)
1	12	12.73	0.003536	2"	56.63	0.05663	150	0.41	0.58
	14.27	6.9	0.001917	1 1/2"	45.22	0.04522	150	0.47	0.66
								<b>TOTALPERDIDA</b>	0.87
								<b>HFCORREGIDA</b>	0.32
2	12	12.73	0.003536	2"	56.63	0.05663	150	0.41	0.58
	14.67	6.9	0.001917	1 1/2"	45.22	0.04522	150	0.48	0.68
								<b>TOTALPERDIDA</b>	0.89
								<b>HFCORREGIDA</b>	0.33
3	12	12.73	0.003536	2"	56.63	0.05663	150	0.41	0.58
	15.37	6.9	0.001917	1 1/2"	45.22	0.04522	150	0.50	0.71
								<b>TOTALPERDIDA</b>	0.91
								<b>HF CORREGIDA</b>	0.34
4	12	12.73	0.003536	2"	56.63	0.05663		0.41	0.58
	15.19	6.9	0.001917	1 1/2"	45.22	0.04522		0.50	0.71
								<b>TOTALPERDIDA</b>	0.90
								<b>HF CORREGIDA</b>	0.33
5	12	12.73	0.003536	2"	56.63	0.05663		0.41	0.58
	14.67	6.9	0.001917	1 1/2"	45.22	0.04522		0.48	0.68
								<b>TOTALPERDIDA</b>	0.89
								<b>HF CORREGIDA</b>	0.33
6	12	12.73	0.003536	2"	56.63	0.05663		0.41	0.58
	14.67	6.9	0.001917	1 1/2"	45.22	0.04522		0.48	0.68
								<b>TOTALPERDIDA</b>	0.89
								<b>HF CORREGIDA</b>	0.33
7	12	14.97	0.004158	2"	56.63	0.05663		0.55	0.78
	14.2	8.12	0.002256	1 1/2"	45.22	0.04522		0.63	0.89
								<b>TOTALPERDIDA</b>	1.18
								<b>HFCORREGIDA</b>	0.44
8	12	12.73	0.003536	2"	56.63	0.05663		0.41	0.58
	14.67	6.9	0.001917	1 1/2"	45.22	0.04522		0.48	0.68
								<b>TOTALPERDIDA</b>	0.89
								<b>HFCORREGIDA</b>	0.33
9	12	12.73	0.003536	2"	56.63	0.05663		0.41	0.58
	14.67	6.9	0.001917	1 1/2"	45.22	0.04522		0.48	0.68
								<b>TOTALPERDIDA</b>	0.89
								<b>HFCORREGIDA</b>	0.33

Fuente: Elaboración Propia

**ANEXO 17** *Perdidas en el Lateral*

Turno	LONGITUD	CAUDAL	CAUDAL	DIAMETRO			C	PERDIDA	PERDIDA
	(mts)	(mch)	(mcs)	Pulg.	mm	M		(mts)	(psi)
1	78.05	0.430	0.00011944	17	16	0.016	140	2.67	3.80
2	78	0.429	0.00011917	17	16	0.016	HFCORRERGIDA	0.93	3.78
							140	2.66	
3	79	0.434	0.00012056	17	16	0.016	HFCORRERGIDA	0.92	3.91
							140	2.75	
4	78	0.429	0.00011917	17	16	0.016	HFCORRERGIDA	0.95	3.78
							140	2.66	
5	78	0.430	0.00011944	17	16	0.016	HFCORRERGIDA	0.92	3.8
							140	2.67	
6	78	0.430	0.00011944	17	16	0.016	H CORRERGIDA	0.93	3.8
							140	2.67	
7	85	0.468	0.00013000	17	16	0.016	HFCORRERGIDA	0.93	4.84
							140	3.40	
8	78	0.430	0.00011944	17	16	0.016	HFCORRERGIDA	1.18	3.8
							140	2.67	
9	75	0.413	0.00011472	17	16	0.016	HFCORRERGIDA	0.93	3.39
							140	2.38	
							HFCORRERGIDA	0.89	

Fuente: Elaboración Propia

**ANEXO 18** *Componentes para el sistema de riego*

**Manómetro de 0 a 10 bares**



**Tubería PVC**



Fuente: Catalogo AGRIZEN S.A.

## ANEXO 19 Accesorios de riego



**Codo de 90**

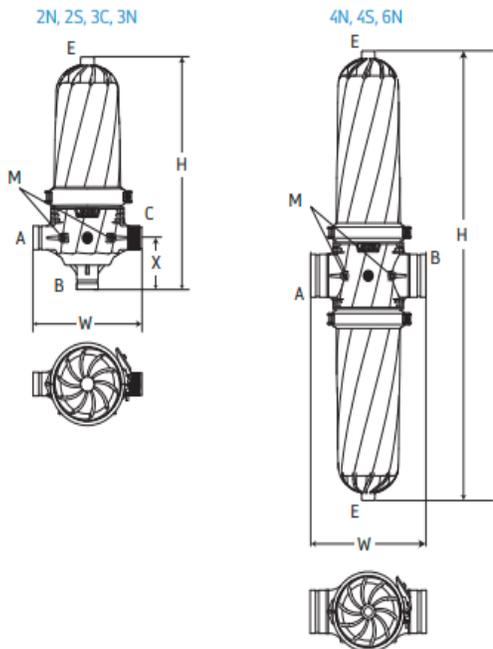


**Conector válvula PVC x cinta**



## ANEXO 20 Filtro Azud 4"

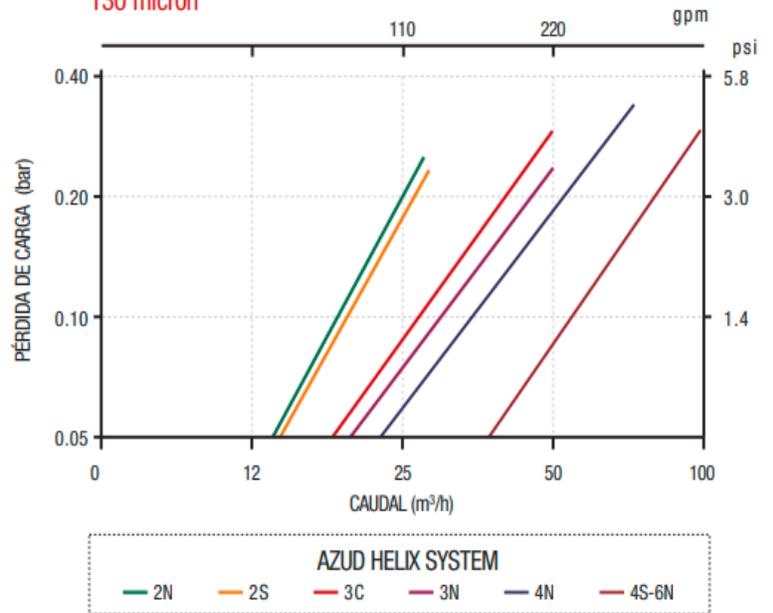
### AZUD HELIX SYSTEM



Fuente: AZUD

### PÉRDIDA DE CARGA FILTRO AZUD HELIX SYSTEM

130 micron



**ANEXO 21** Ficha técnica del caudalímetro



Fuente: GENE BRE S.A.

**ANEXO 22** Especificaciones de tubería

**Especificaciones tubería**

Diámetro nominal (mm)	Diámetro nominal (in)	Diámetro externo promedio (mm)	Espesor mínimo de pared (mm)
12	½	21,34±0,10	2,77
18	¾	26,67±0,10	2,87
25	1	33,40±0,13	3,38
31	1 ¼	42,16±0,13	3,56
38	1 ½	48,26±0,15	3,68
50	2	60,32±0,15	3,91
62	2 ½	73,02±0,18	5,16
75	3	88,90±0,20	5,49
100	4	114,30±0,23	6,02
150	6	168,28±0,28	7,11

Fuente: Durman

## ANEXO 23 Cotizaciones



### Dirección de la compañía

Managua, kilómetro 1.0 carretera norte  
Teléfono: 2293-5237

Fecha: 22/7/2024  
N.º de presupuesto: 837  
Número del vendedor: 82648277

### Presupuesto

Nombre de la empresa:  
AGRIZEN S.A.  
Managua, kilómetro 1.0 carretera norte  
8675-5606

Presupuesto válido hasta: 1/8/2024  
Vendedor: Ing. Joel Funez  
NÚMERO NUC: J0810000424834

### Comentarios o instrucciones especiales:

NUMERO	HOMBRE DEL CLIENTE	Fecha de envío	Válida de la oferta	Condiciones pago	
<a href="#">77582441</a>	ANA VERONICA JACAMO	22/7/2024	1/8/2024	CONTADO	
Cantidad	Descripción	Precio por unidad	IMPUESTO C\$	TOTAL C\$	
1.00	TEE LISA PVC DE 4"	C\$ 302.85	SI	C\$ 302.85	
1.00	TEE LISA PVC DE 3"	C\$ 228.20	SI	C\$ 228.20	
1.00	TEE LISA PVC DE 2"	C\$ 74.15	SI	C\$ 74.15	
1.00	REDUCCION LISA DE 4" X 3"	C\$ 156.00	SI	C\$ 156.00	
1.00	REDUCCION LISA DE 3" X 2" S40	C\$ 124.80	SI	C\$ 124.80	
1.00	REDUCCION LISA 2" X 1 1/2" S40	C\$ 39.00	SI	C\$ 39.00	
1.00	REDUCCION LISA 2" X 1" S40	C\$ 31.20	SI	C\$ 31.20	
1.00	CODO LISO PVC DE 2" X 90° S40	C\$ 99.03	SI	C\$ 99.03	
1.00	CODO LISO PVC 2" X 45°	C\$ 59.80	SI	C\$ 59.80	
1.00	CODO LISO PVC DE 1 1/2" X 45°	C\$ 52.00	SI	C\$ 52.00	
1.00	ADAPTADOR PVC MACHO 2"	C\$ 40.66	SI	C\$ 40.66	
1.00	ADAPTADOR PVC HEMBRA DE 2"	C\$ 43.06	SI	C\$ 43.06	
1.00	VALVULA DE BOLA LISA DE 2"	C\$ 374.40	SI	C\$ 374.40	
1.00	VALVULA DE BOLA LISA DE 1 1/2"	C\$ 267.80	SI	C\$ 267.80	
1.00	TUBO PVC DE 4"X 6M SDR41	C\$ 1,537.90	SI	C\$ 1,537.90	
1.00	TUBO PVC DE 3"X6M SDR41	C\$ 1,430.00	SI	C\$ 1,430.00	
1.00	TUBO PVC DE 2" X6M SDR41	C\$ 330.10	SI	C\$ 330.10	
1.00	TUBO PVC DE 1 1/2"X6M SDR41	C\$ 273.65	SI	C\$ 273.65	
1.00	TUBO PVC DE 1"X6M SDR41	C\$ 205.40	SI	C\$ 205.40	
1.00	VALVULA DE AIRE DE 2"	C\$ 965.22	SI	C\$ 965.22	
1.00	MANOMETRO DE GLICERINA DE 0 A -8 BAF	C\$ 579.13	SI	C\$ 579.13	
1.00	FILTRO DE ANILLO CUERPO GRANDE DE 3"	C\$ 6,178.00	SI	C\$ 6,178.00	
1.00	MEIDOR DE AGUA 4"BRIDADO ANSI 150 WOLTMANN GENEBRE	C\$ 16,664.06	SI	C\$ 16,664.06	
	<b>ULTIMA LINEA</b>				
Si tiene alguna duda sobre este presupuesto, póngase en contacto con:				Subtotal	C\$ 30,056.41
Ing. Joel Funez				IVA 15%	C\$ 4,508.46
Gracias por su confianza				<b>TOTAL C\$</b>	<b>C\$ 34,564.87</b>

Fuente: AGRIZEN S.A.

**AGRIZEN S.A**

RUC:0010000424314

Esquina opuesta asociación de transportista 10 varas al este, 10 vrs al sur.

PROFORMA	
Número	222
Fecha	25/07/2024
Página	1

**PROFORMA**

Presentado a:

ANA VERONICA JACAMO
77582441

Código Cliente	RUC	Referencia	Términos
573			Contado
Vendedor	Moneda	Emite	
JOEL FUNEZ	Nacional CS		

Item	Código Producto	Descripción Producto	Bodg.	Cantidad	Unid.	Precio	Dcto. %	Importe
1	GREEN-2025.0057	ROLLO DE CINTA DE GOTEO VIMI DE 16"X.2MM "200M" 2500MROLL,	PYS	1.00	ROLL	5,630.4303		5,630.43
2	GREEN-2355.018H	CONECTOR INICIAL PVC X 16 MM	PYS	1.00	UN	8.0405		8.04
3	GREEN-2300.0016	GROOMET 16MM TIPO T	PYS	1.00	UN	4.7820		4.78
4	GREEN-5017.1800	MANGUERA DE POLIETILENO DE 16 MM "1MM-500 MROLLO	PYS	1.00	MT	9.3300		9.33

<b>Aviso:</b>    Firma _____	<b>Subtotal</b>	5,652.58
	<b>Dcto. parcial</b>	
	<b>Dcto. Global</b>	
	<b>Miscelaneos</b>	
	<b>Impto. 15.0 %</b>	847.89
	<b>TOTAL</b>	<b>6,500.47</b>

Fuente: AGRIZEN S.A.



by aliaxis

RUC: J031000005460

PROFORMA

Telefono: 22331218

Km 11.5 carretera vieja a León; 1,200 metros al norte. Parque industrial IPINSA.

CLIENTE: 500859 NOMBRE DEL CLIENTE: ALLAN EMILIO CORTEZ FECHA: 1/8/2024

TIPO DE CAMBIO 0 OFICIAL DEL BANCO CENTRAL INTERLOCUTOR: ASESOR COMERCIAL DURMAN

Table with columns: ITEM, CANTIDAD, MATERIAL, CÓDIGO SAC, DESCRIPCION, P. UNITARIO C\$, P. TOTAL C\$. Includes a summary section with SUB TOTAL, IVA, and TOTAL.