UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSION PARA EL CULTIVO DE TABACO (NICOTINA TABACUM) EN LA FINCA SEQUEIRA EN EL MUNICIPIO DE JALAPA DEPARTAMENTO DE NUEVA SEGOVIA EN LA COMUNIDAD LA PROVIDENCIA. 2019

Para optar al título de ingeniero agrícola.

Elaborado por

Br. Ingrid Raquel Moraga Sequeira

Br. Hallsel Yahoska Murillo López

Br. Carolina Soledad Rueda Meléndez

Tutor

Ing. Horacio González Aria

Managua, Junio 2020

Dedicatoria

A Dios;

Por permitirme cumplir mis sueños y culminar con éxito esta etapa importante de mi vida.

A mis padres;

Modesto Antonio Moraga ordeñana y Clementina Del Socorro Moreno Sequeira; Por apoyarme, comprenderme y brindarme su confianza, inculcándome valores y sobre todo el amor a Dios, por estar conmigo en buenos y malos momentos.

A mi hermano;

Jose Angel Moraga Sequeira; Por ser una persona admirable para mí, con la que siempre puedo contar, por saberme comprender y hacerme ver mis errores cuando los cometo, por apoyarme en buenos y malos momentos y ayudarme a superar la etapa más difícil de mi vida, pero sobre todo por brindarme tu amistad y confianza, hablándome siempre con la verdad.

A mis familiares y amigos;

Que me han apoyado e impulsado a salir adelante con sus consejos y sugerencias en estos arduos y duros años dándome muchos momentos inolvidables.

Br. **Ingrid Raquel Moraga Sequeira.**

Dedicatoria

A Dios;

Padre y Señor de los cielos, por ser mi guía espiritual y de mi vida, por darme la sabiduría, entendimiento y la fortaleza, por ser mi luz en mi andar y porque he logrado alcanzar un peldaño más que me he propuesto en mi vida.

Mis Padres;

Sr. Jairo Murillo y Sra. Ana Gutierrez. Una bendición de Dios en este mundo, que con su protección y sus consejos me han guiado y apoyado en mis metas y proyectos. Por brindarme todo su amor, comprensión y por ser los responsables de toda mi formación y mis logros.

Que sin su apoyo incondicional no hubiese podido culminar con éxito mis estudios.

Mis Hermanos;

Por toda su ayuda brindada durante toda mi formación universitaria y con quienes he compartido mi niñez y me han acompañado en los momentos alegres y difíciles en mi vida.

Encomienda a Jehova tus obras, y tus pensamientos seran afirmados.

Proverbios 16:3

Br. Hallsel Yahoska Murillo Lopez.

Dedicatoria

A Dios:

Por darme el don de la vida, la sabiduría y la fortaleza para lograr así coronar una meta más en mi vida.

A Mis Padres:

Maria Margarita Hernandez Gallo y Loyre Rueda Hernandez por sus buenos consejos y educarme con principios y valores que fueron fundamentales en el transcurso de mi carrera universitaria.

Br. Carolina Soledad Rueda Meléndez.

Agradecimiento

A Dios;

Agradecemos infinitamente al rey de reyes y señor de señores por su misericordia bondad y fidelidad por manifestarse en nuestras vidas y permitirnos obtener este triunfo tan maravilloso, por mostrarnos sus caminos y guiarnos en este proceso en el cual hemos aprendido a confiar en que él tiene el control de todo este proceso monográfico.

A Nuestras Familias;

Por todo su apoyo incondicional y cariño. Gracias por permanecer junto a nosotras en este momento tan importante de nuestras vidas. a sus grandes esfuerzos y sacrificios pudimos ingresar a la universidad y culminar nuestros estudios, apoyándonos incondicionalmente siempre.

A nuestro tutor de monografía;

ING. Horacio Gonzalez Aria. Nuestro tutor, por su apoyo, valioso tiempo y guía en esta investigación.

Todo lo puedo en Cristo que me fortalece.

Filipenses4:13

Br. Ingrid Raquel Moraga Sequeira.

Br. Hallsel Yahoska Murillo Lopez.

Br. Carolina Soledad Rueda Melendez.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la finca “Sequeira” ubicada en la comunidad la Providencia del municipio de Jalapa departamento de Nueva Segovia y fue proyectada para un área de 0.175 ha, (1/4 Mz), el propósito del proyecto es diseñar un sistema de riego por microaspersión para el cultivo de Tabaco cuyas condiciones edafoclimáticas son aptas para el desarrollo de este plantio.

La metodología utilizada para cumplir con lo antes descrito consistió en realizar las siguientes actividades en campo: el levantamiento topográfico del área en estudio, la investigación de las condiciones edafoclimáticas del lugar, y la inspección y evaluación de la fuente de abastecimiento de agua; a partir de los datos obtenidos se llevo a cabo su respectivo procesamiento y análisis para la realización del diseño.

Obteniendo como resultado un suelo franco arcilloso arenoso con una velocidad de infiltración de 5.9 mm/hr, capacidad de campo 26.20%, punto de marchitez permanente de 14.16 % y densidad aparente 2.04 gr/cm3 con los cuales se calculó el diseño agronómico.

En el diseño agronómico se determinaron los parámetros de riego referentes al modo, ocasión y cantidad de agua a aplicar, tomando como referencia los resultados edafoclimáticos y a su vez estos sirven para la valoración del tipo de Microaspersor a seleccionar para el diseño respectivo.

Con el diseño hidráulico se define el funcionamiento del sistema para cumplir lo establecido en el diseño agronómico, de tal manera que, de este, se determinan las presiones y caudales de trabajo, las pérdidas de carga y otras variables; dando como resultado los diseños respectivos para la implementación del sistema de riego por Microaspersión en la finca Sequeira para la producción del cultivo del Tabaco.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
2. ANTECEDENTES 2
3. JUSTIFICACIÓN 3
4. OBJETIVOS. 4
4.1. Objetivo general 4
4.2. Objetivos específicos 4
5. MARCO TEORICO 5
5.1. CULTIVO TABACO (NICOTINA TABACUM.) 5
5.1.1. Origen 5
5.1.2. Taxonomía 5
5.1.3. Morfologia 6
5.1.4. Requerimientos edafoclimaticos 7
5.1.5 Zonas aptas para el cultivo del tabaco 9
5.1.6 Exigencias del cultivo 10
5.2. SUELOS. 11
5.2.1 Propiedades fisicas del suelo. 11
5.2.2. Propiedades Hidrofisicas 14
5.2.3. Necesidades hidricas de los cultivos 21
5.2.4 Perdidas de agua en el suelo 26
5.3 RIEGO POR MICROASPERSION 27
5.3.1 Componentes de las instalaciones de riego localizado. 29
5.3.2 Microaspersores y difusores 31
5.3.3 Los dispositivos de seguridad más utilizados son: 33
5.3.4 Caracteristicas del sistema 34
5.4 DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO 35
5.4.1 Diseño agronómico 35
5.4.2 Diseño hidráulico 36
6 DISEÑO METODOLÓGICO 38
6.1 LOCALIZACION 38
6.1.1. Macro localización 38
6.1.2. Micro localización 39
6.2. METODOLOGIA 40

6.2.1. Levantamiento Topográfico del Área de Riego.....40
6.2.2. Muestro de Suelo (Método de Muestreo de suelo al azar). 40
6.2.3. Determinación de la Velocidad de Infiltración.....41
6.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES HIDROFISICAS DEL SUELO. 42
6.4. AFORO DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO. 43
6.5. DISEÑO AGRONÓMICO 44
6.6. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN 48
7. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS 57
7.1. PROPIEDADES HIDROFISICAS.....57
7.2. NECESIDADES HIDRICAS DE LOS CULTIVOS. 58
7.2.1. Diseño agronomico 60
7.3. DISEÑO HIDRAULICO 68
8. CONCLUSIÓN.....78
9. RECOMENDACIONES. 79
10. ANEXO. 80
11. Bibliografía 81

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta una descripción de la característica del riego por micro aspersión (riego tecnificado) para el cultivo de tabaco, dicho estudio se realizo en la finca “Sequeira” ubicada en la comunidad la Providencia del Municipio de Jalapa Departamento de Nueva Segovia.

El clima se caracteriza por ser una zona tropical y tropical húmedo, con temperaturas que oscilan entre 23°C y 24 °C, posee suelos con texturas variables desde francos a franco arenoso y arenosos, su precipitación promedio oscila entre 1 500 y 1 700 mm anual.

El diseño del sistema de riego se llevará a cabo conociendo las propiedades hidro-física del suelo y las condiciones edafoclimática de la zona en estudio, asimismo se realizo todos los cálculos para determinar la evapotranspiración del cultivo, tales cálculos ayudarán a obtener la demanda hídrica para el cultivo de tabaco en sus fases fenológicas.

La finca “Sequeira” posee 18mz de extensión, en donde el proyecto se desarrollo en una parcela experimental de un ¼ de manzana, que servirá para un corto plazo como modelo de evaluación y decisiones a nuevas implementaciones de riego en extensiones más grandes.

2. ANTECEDENTES

La familia Sequeira en 1966 adquirió la finca para la producción de diversos cultivos (Frijol, Maíz, Repollo, Malanga, Papa, Caña, Chayote, Plátano, Café) que utilizaban para su consumo diario, además esta finca no contaba con un abastecimiento de agua y tenían que acarrear el agua en baldes desde la fuente hasta su hogar la cual fue cedida por uno de los habitantes al señor Marvin Sequeira hace aproximadamente 3 años atrás con la que se abastecen a 7 nucleos familiares y huertos familiares.

La finca “Sequeira” en la actualidad no cuenta con ningún tipo de riego, es por eso que surge la necesidad del desarrollo de un estudio investigativo con el fin de saber las características y propiedades del riego por microaspersión.

Actualmente tiene 10 MZ sembrada de café que son destinadas para el comercio obteniendo así mayores ingresos económicos para el mantenimiento de la finca. La finca “Sequeira” se encuentra en un sitio rural ubicado en la comunidad la providencia municipio de Jalapa, donde la manera de abastecimiento de agua es por medio de ríos y manantiales. No cuenta con ningún sistema de riego dicha finca utiliza el riego tradicional (riego por gravedad) para la producción de diferente cultivo.

En el lugar de estudio en la actualidad se mantiene en su mayoría el cultivo de Café como cultivo perenne sin embargo no se han hecho ningún estudio previo de suelo y riego en la Finca “Sequeira”. En Nicaragua la industria del Tabaco llega por José Orlando Padrón en 1970, originario de Cuba, quien comenta que a su llegada solo existía una planta de Tabaco que era de Somoza la cual había empezado unos meses antes que Orlando iniciara haciendo puros. Desde casi el inicio de su producción empezó a consolidarse en el mercado de producción de exportación, en ese mismo año llegaron grandes compañías americanas para producir capas (envoltura exterior del puro). (Merlos I. S., 2019)

3. JUSTIFICACIÓN.

Actualmente en la Finca Sequeira, los sistemas productivos no tienen incorporado el cultivo de tabaco y tampoco la actividad del riego en los campos Agrícolas, donde sus producciones son destinadas exclusivamente para el consumo humano, con la implementación de sistema de riego por micro aspersión se espera elevar los niveles tecnológicos en los campos productivos y por consiguiente, incrementar los niveles de producción que permitan generación de producción de cultivos competitivos para una obtención de mayor recursos en la Finca y en el Municipio.

El cultivo de tabaco es el rubro que esta generando ganancias en el departamento de nueva Segovia municipio de jalapa, esta moviendo la economía local, generándole ingresos a los dueños de gasolineras, comercios de agroservicios y a los propietarios de tierras especialmente, y además es un rubro que esta generando empleos en labores de campo. Es el motivo por el cual surge la idea de incorporar este nuevo cultivo de tabaco con riego tecnificado en la finca Sequeira, y a si obtener un beneficio propio y a la población.

A demás que el municipio de jalapa tiene las condiciones climáticas y de suelos apropiadas, para que el cultivo de tabaco se desarrolle.

4. OBJETIVOS.

4.1. Objetivo general

- ✓ Diseñar el sistema de riego por micro aspersión para el cultivo de Tabaco en la finca Sequeira.

4.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar las propiedades hidrofisicas del suelo y las condiciones edafoclimáticas de la zona.
- ✓ Calcular las necesidades hídricas del cultivo de tabaco.
- ✓ Realizar el diseño hidráulico del sistema de riego por micro aspersión para el cultivo de tabaco.

5. MARCO TEORICO

5.1. CULTIVO TABACO (NICOTINA TABACUM.)

5.1.1. Origen

La planta del tabaco es originaria del continente americano, específicamente de México, siendo los mayas los primeros que usaron las hojas, comercializaban sus productos en el golfo de México, incluyendo islas del caribe como Cuba y República Dominicana; de esta manera el tabaco se difundió por toda América del Norte y Central. (Merlos I. S., 2015)

5.1.2. Taxonomía

Reino: Vegetal

Subreino: Embryophyta

División: Tracheophyta

Subdivisión: Pteropsida

Clase: Angiosperma

Suclase: Dicotiledonea

Orden: Tubiflora

Familia: Solanacea

Genero: *Nicotiana*

Especie: *Tabacum*

5.1.3. Morfologia

- ✓ **Sistema radical**

El sistema radical constituye el sostén de la planta, a través del cual tiene lugar a la asimilación del agua y de los minerales, el mismo está constituido por una raíz pivotante con raíces secundarias y pelos absorbentes los que en buena parte depende la absorción de agua y nutrintes demandados por la planta en sus fases fenologicas. (Pérez, 2002)

- ✓ **Tallo**

El tallo con sus nudos y entrenudos es el portador de los órganos funcionales (las hojas) y se comporta como armazón protectora y como sistema conductor del agua, sales minerales y de las demás sustancias asimiladas.

- ✓ **Hojas**

La hoja es el órgano fundamental de la planta, en ella tiene lugar el proceso denominado asimilativo (fotosíntesis); es su fruto Agrícola el cual se pretende cultivar en esta planta. Por su forma pueden ser Ovaladas, Lanceoladas, Oblongo-Lanceoladas, Acorazonadas, etc.

- ✓ **Inflorescencia**

La inflorescencia del Tabaco es en forma de panícula terminal y puede presentar algunas ramas florales subsidiarlas debajo de la panícula principal, está pertenece al grupo de inflorescencia racimosa.

- ✓ **Flor**

Es pentámera, con cáliz persistente, presenta cinco sépalos, con cinco pétalos soldados, una corola tubular, cinco estambres soldados a esta, un pistilo con estilo largo, fino y estigma bilobulado y viscoso y su ovario súpero, bicarpelar y multiovalado. (AGRICULTURA, 2012)

5.1.4. Requerimientos edafoclimaticos

- ✓ **Luz**

La intervención de este agente natural es imprescindible en la realización de fenómenos fisiológicos vitales de tanta importancia como son la fotosíntesis y la transpiración del vegetal, funciones cuya actividad y consecuencias en este cultivo se reflejan intensamente sobre la calidad de la hoja obtenida.

El Tabaco cultivado bajo la acción de una luz intensa, y por consiguiente rico en clorofila, es de hoja reducida y contiene gran cantidad de materia nitrogenada y muchas gomas y resinas. Después de su curación toma un color oscuro y resulta muy fuerte, por lo cual no es apetecible. La influencia del sol se deja sentir sobre las plantaciones, especialmente si es intensa, ya que como hemos visto, esta afecta el tamaño y consistencia de las hojas.

La flora está compuesta por bosques medianos o altos perennifolios de zonas muy frescas húmedas. Los suelos de esta zona son franco-arcillosos, y con una pendiente entre 2 y 5 %. Por su clima, la zona se clasifica como Bosque Sub - tropical seco. (Ledesma, 2012)

- ✓ **Clima**

Influye en la duración del ciclo vegetativo de las plantas, en la calidad del producto y en el rendimiento de la cosecha. Debido a que el Tabaco -es originario de regiones tropicales la planta vejeta mejor y la cosecha es más temprana, pero la principal área geográfica del cultivo se extiende desde los 45° grados de latitud norte hasta los 30º grados de latitud sur. (Javier, 2019)

- ✓ **Temperatura**

La temperatura óptima del cultivo varía entre 18° y 28° grados centígrados durante la fase de crecimiento en semillero requieren temperatura superior a los 16° grados centígrados y desde el trasplante hasta la recolección se precisa un periodo libre de heladas de 90 a 100 días. (Pérez, 2002)

El Tabaco es muy sensible a la falta o exceso de humedad: una humedad elevada en el terreno produce un desarrollo pobre. En general el tabaco prefiere las tierras francas tirando a sueltas, profundas que no se encharquen y que sean fértiles, el pH más apropiado es de neutro a ligeramente asido para los Tabacos de hojas clara y neutros o ligeramente alcalinos para tabacos de tipo oscuros.

- ✓ **Precipitación**

La precipitación media anual de la zona es menor de 800 milímetros, y la temperatura media anual entre 24.0 ºC y 25.0 ºC. Los cultivos s predominantes en la zona son: café (*Coffea arabiga* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) y tabaco (*Nicotiana tabacum* L., entre otros.

- ✓ **Humedad relativa**

A medida que la humedad relativa disminuye, se incrementan tanto la evaporación del agua del suelo como la transpiración foliácea de la planta, disminuyen las reservas contenidas en este, aumenta el movimiento de la savia, y por consiguiente, el desarrollo vascular y la lignificación. Se ha observado que el tabaco tiene un buen desarrollo y buena calidad en la hoja cuando la humedad relativa es de aproximadamente el 70%.

- ✓ **Vientos**

Uno de los factores que modifican el clima de una zona es el viento, cuya dirección e intensidad deben tenerse en cuenta para este cultivo. Renueva las capas de aire, arrastra las masas de vapor de agua en exceso y atenúa el efecto del calor exagerado; si, por el contrario, el viento es cálido y fuerte, ocasiona la desecación del suelo y de las plantas y embastece la hoja por su acción mecánica, ya que la planta reacciona y forma más proporción de tejido leñoso. (Randalph Guillermo Roblero Gonzales, 2011)

5.1.5 Zonas aptas para el cultivo del tabaco

Las regiones tropicales con climas cálidos y húmedos son donde mejor se cultivan, le va bien la temperatura uniforme ya que en estos climas las hojas transpiran poco y el grosor de la hoja disminuye dando mayor finura a la misma; además de suelos fértiles, sueltos, profundos y bien drenados. (Sotelo, cultivo, 2015)

Tomando como base científica lo antes descrito, por su posición, Nicaragua es una zona propicia para el cultivo del tabaco, combinando el agua del subsuelo, las horas de sol que tiene la región de Las Segovia y el microclima que envuelve a las hojas. Las tierras fértiles que posee el lado norte del país combinado con el clima y el agua la convierten en zona idónea para este cultivo.

Las principales zonas que cumplen estos requisitos para el cultivo de tabaco en Nicaragua son en mayor medida: Estelí y Nueva Segovia. Pero también tienen producción, aunque en menor medida: Jinotega, El Rama y la Isla de Ometepe.

5.1.6 Exigencias del cultivo

Suelos que poseen un alto porcentaje de arcilla y materia orgánica dan origen a plantas muy desarrolladas con hojas grandes, venosas, de color verde oscuro, sabor amargo y fuerte. Los suelos ligeros con buen contenido de humus producen hojas finas, suaves, poco venosas, con buena combustibilidad y calidad excelente.

La estructura del suelo, que depende de la agrupación de las partículas en gránulos, ejerce gran influencia, ya que de ella depende la dinámica de los fluidos. Las deficiencias estructurales del suelo pueden ser paliadas con la adicción de materia orgánica. Esta última no solo corrige la soltura del suelo, sino que también aumenta su capacidad para retener agua.

Para este cultivo no son convenientes los suelos salinos, ya que el cloro disminuye la combustibilidad de la hoja. Una característica de los suelos exigida por la planta de tabaco, para la cual muestra una sensibilidad extrema, es la referida a las condiciones de drenaje adecuado. De todo lo anterior se deduce que el tabaco requiere suelos profundos, altamente retentivos, de consistencia media o suelta y ricos en fósforo, potasio y materia orgánica.

Los requerimientos de agua en el tabaco han sido estudiados por varios autores que establecen que el requerimiento hídrico del cultivo con metas a lograr el máximo rendimiento, varía entre 400 y 600 mm; dependiendo de las condiciones climáticas y de la duración del período de crecimiento de la planta. En iguales condiciones y basados en estimaciones de valores de Kc ajustados localmente, se estimó un consumo hídrico promedio entre 474 a 516 mm. (Doorenbos, 1997)

El pH de los suelos de cultivo de tabaco, mediante aportaciones de enmiendas calizas o dolomitas (contienen calcio y magnesio) de forma anual, se deben situar próximos a los 5,8-6,2. El contenido óptimo de materia orgánica en el suelo para el cultivo del tabaco se debe situar entre el 1,8 y el 2,2 %. La materia orgánica

puede ser de diferentes orígenes y composición, se recomienda estiércol de vacuno y se aplicará, de media, 20 t/ha y año.

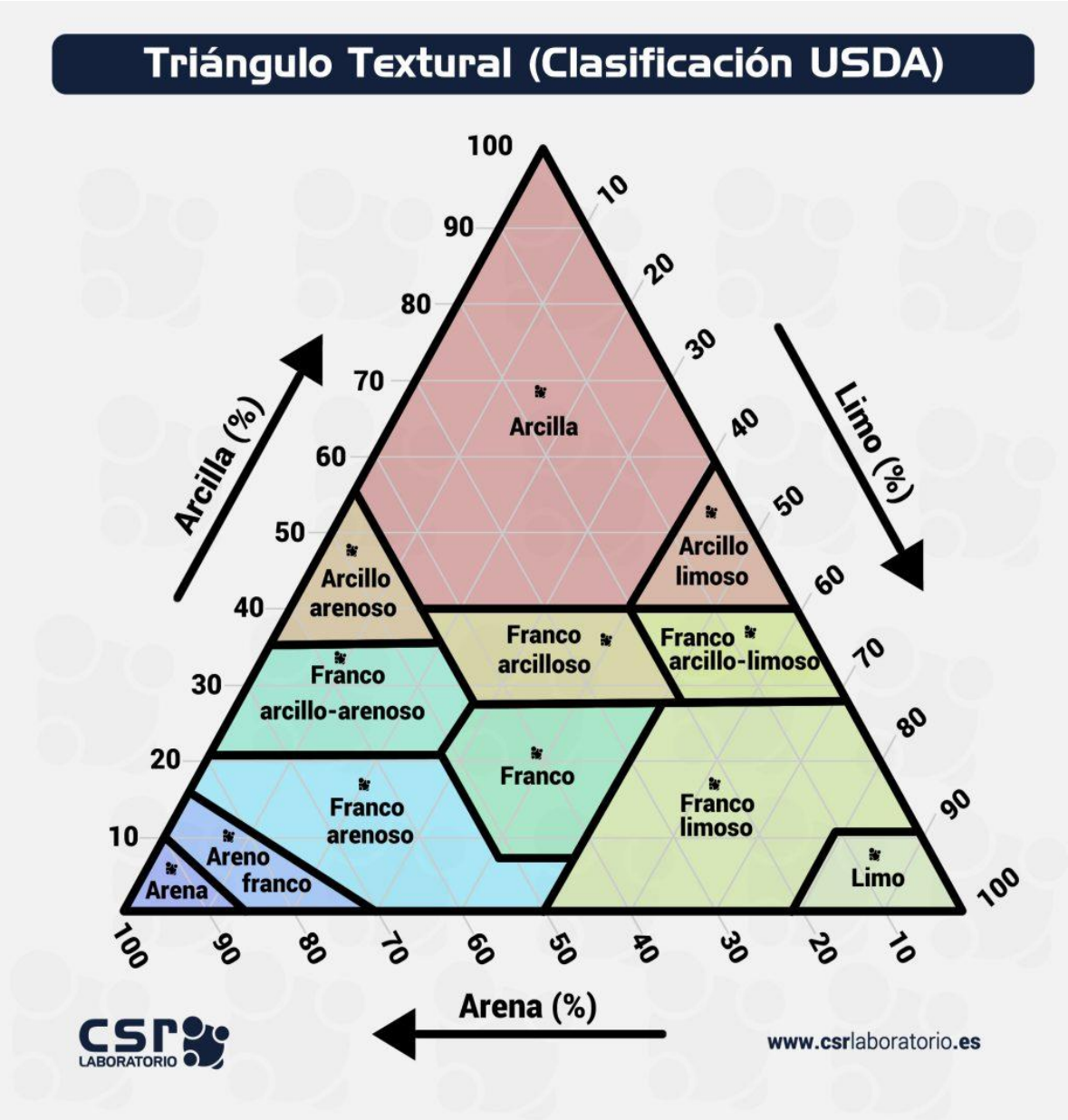
5.2. SUELOS.

5.2.1 Propiedades fisicas del suelo.

- ✓ **Textura.**

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa. (FAO, 2006)

FIGURA1: TRIANGULO DE TEXTURA DEL SUELO.

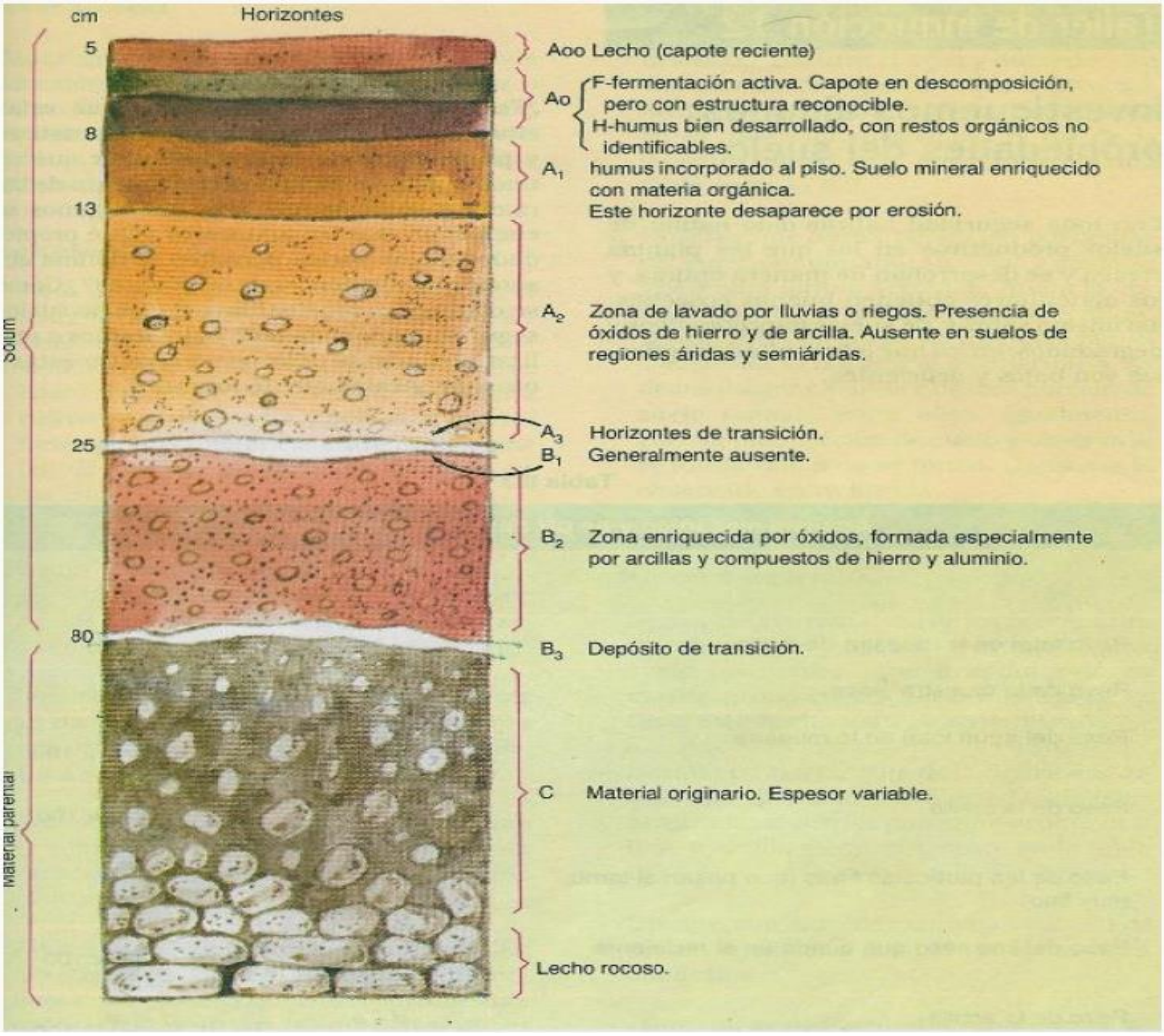


Fuente: csr laboratorio

- ✓ **Estructura.**

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*.

FIGURA2: HORIZONTE DEL SUELO.



Fuente: (bachilleratoenlinea, s.f.)

- ✓ **Permeabilidad.**

Permeabilidad es la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire mientras más permeable sea el suelo mayor será su capacidad para que circule el agua y el aire dentro de él.

La permeabilidad del suelo se relaciona con su textura y estructura el tamaño de los poros del suelo reviste gran importancia con respecto a la tasa de filtración (movimiento del agua hacia dentro del suelo) y a la tasa de percolación (movimiento del agua a través del suelo). El tamaño y el número de los poros guardan estrecha relación con la textura y la estructura del suelo y también influyen en su permeabilidad. (Gomez, 2007)

- ✓ **Porosidad.**

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 micro poros donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro poros no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los micro poros retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas. (FAO, 2006)

5.2.2. Propiedades Hidrofisicas

Pueden cuantificarse en por ejemplo en, Da, Cc, Lp, PMP, % W del suelo, lamina de agua a determinado horizonte; las que de su valor e interacción pueden influir de gran manera en la irrigación del suelo al afectar las propiedades hidráulicas de este; por ejemplo, suelos con Da alta generan grados de compactación que restringen la capacidad de asimilación de agua por el suelo, suelos arcillosos captan bastante agua, pero presentan poca disponibilidad de absorción por las raíces, etc.

- ✓ **Densidad aparente (Da)**

La densidad aparente de un suelo, se define como el cociente que resulta de dividir el peso de suelo seco entre el volumen total, incluyendo los poros. Usualmente se expresa en gr/cm3. Para fines prácticos, conceptualmente esto es lo mismo que la gravedad específica, peso específico o peso volumétrico.

$$D_a = P_{SS} \times V_t$$

- ✓ **Capacidad de campo (Cc)**

Es una constante características para cada suelo. El término se refiere al contenido de humedad presente en el suelo, retenida por los micros poros en contra de la fuerza de gravedad dos o cuatro días después de una fuerte lluvia o un riego abundante. Esta es la llamada humedad aprovechable por las plantas. A continuación, se presenta valores de referencia de Cc y PMP en función del tipo de suelos.

TABLA1: VALORES NORMALES DE Cc Y PMP PARA SUELOS DE DIFERENTES TEXTURAS

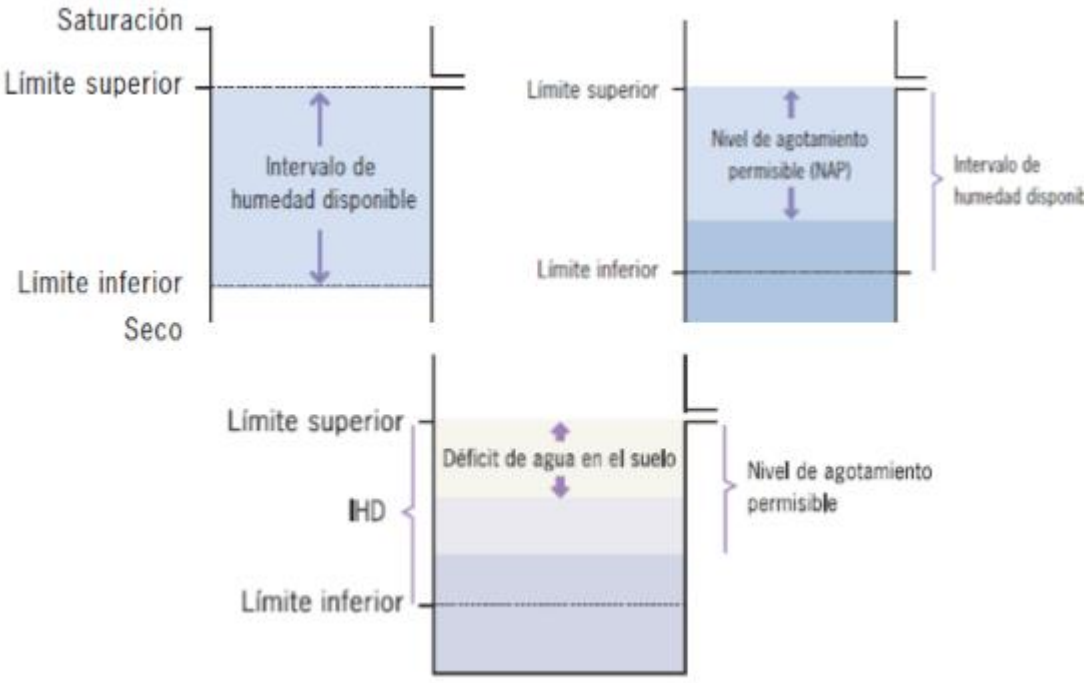
TEXTURA	CAPACIDAD DE CAMPO	PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE
Arenoso	5 -15	3 -8
Franco arenoso	10 -20	6 -12
Franco	15 -30	8 -17
Franco arcilloso	25 -35	13 -20
Arcilloso	30 -70	17 -40

FUENTE: (geotecnia, s.f.)

- ✓ **Limite productivo (Lp)**

Es un nivel superior al mínimo de absorción, que determina un rango óptimo de humedad para que un cultivo asegure los máximos rendimientos. El límite productivo puede ser variable para diferentes especies vegetales y es el nivel mínimo permisible para efectuar el riego la siguiente vez. En casos de que no exista referncias de valores al respecto, se debe utilizar los expresados por la FAO ya que son estudios realizados y dictaminados para el trópico.

FIGURA 3: REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS LÍMITES O NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO



Fuente: Rafael Fernández Gómez - Manual de riego para agricultores - Consejería de Agricultura y Pesca – Sevilla, 2010.

- ✓ **Profundidad radicular del cultivo (Hr)**

Se traduce como la profundidad que las raíces del cultivo alcanzan en el suelo durante las diferentes etapas fenológicas de éste, hasta alcanzar su desarrollo completo y por lo tanto la máxima profundidad de sus raíces.

Para la actividad del riego el concepto de profundidad radicular se debe basar en la profundidad del sistema radicular de la zona que presente el mayor porcentaje de raíces, este puede valorarse en un valor promedio de un 70%. (Debourd., 1996)

- ✓ **Velocidad de infiltración (Ib)**

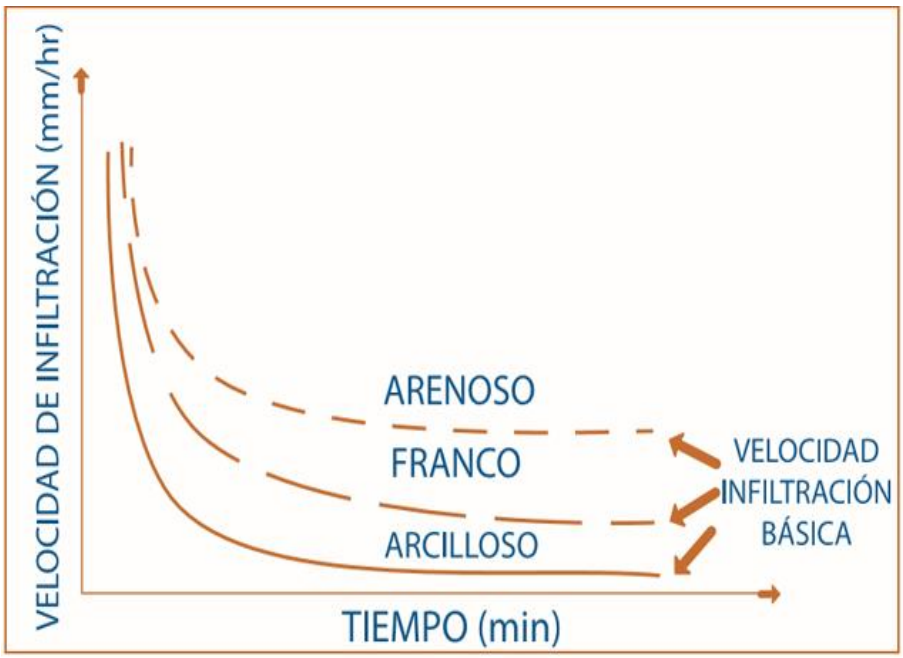
Expresa la razón de incorporación de una lamina de agua en la unidad de tiempo, en el suelo, siendo esta muy rápida en la fase inicial la que después de un determinado tiempo alcanza una estabilización en la infiltracion, lo que se denomina como Infiltracion Basica, se expresa en cm/hora

Para su obtención se deben realizar pruebas de campo utilizándose dispositivo el cual se inserta en el suelo a una determinada profundiad, a los que posteriormente se les incorpora agua midiéndose los valores de descenso en la unidad de tiempo, hasta que esta alcanza su estabilización, estos valores se expresan en papel milimetrado la que al procemiento de la misma arrojan curva de infiltración que expresa lo antes denotado.

- ✓ **Infiltración acumulada:** es la cantidad total de agua medida en altura de lámina de agua que se ha infiltrado en el suelo en un tiempo determinado. (Jonathan Daniel Mayorga Mendoza, 2012)

- ✓ **Infiltración básica:** es el valor más o menos constante que adquiere la tasa de infiltración después de haber transcurrido ya algún tiempo de lluvia o riego cuando la velocidad de infiltración alcanza un valor constante o cuando su disminución es del 10% en una hora. Su valor determina el tiempo máximo de riego.

  FIGURA 4: COMPORTAMIENTO DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN SEGÚN TEXTURA.



  Fuente: (portalfruticola., s.f.)

- ✓ **Porcentaje de humedad en el suelo (%W)**

El porcentaje de humedad del suelo a saturación, se puede definir como el contenido de humedad de un suelo inmediatamente después de un riego o precipitación fuerte y antes de haber drenado el agua en exceso por acción de la gravedad.

La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de éste (especialmente en aquellos de textura más fina), como por ejemplo cambios de volumen, cohesión y estabilidad mecánica. (Mendez & Lopez, 2011)

El cálculo de % de humedad en suelo está dado por la fórmula:

$$w=\frac{(Mh-Ms)}{(Ms-Mr)}\times 100(\%)$$

w = % de humeda

Mh = Muestra de suelo humedo

Ms = Muestra de suelo seco

Mr = peso de la tara

- ✓ **Niveles de humedad en el suelo.**

Como ya hemos visto el contenido de agua del suelo experimenta variaciones continuas a lo largo del tiempo. Recibe agua de las lluvias o por riego, mientras que la pierde por escorrentía superficial y por drenaje a las capas profundas. A estas pérdidas ya comentadas hay que sumar la *evapotranspiración*, término en el que se incluyen las pérdidas producidas por la evaporación directa desde la superficie del terreno más el agua evaporada desde la superficie de las plantas (transpiración).

En la naturaleza, estas entradas y salidas de agua producen cambios continuos en la humedad del suelo. Cuando todos los poros se encuentran llenos de agua, como ocurre después de unas lluvias abundantes, nos encontramos en el *nivel de saturación*, que puede afectar a una capa más o menos profunda de suelo. Pero ya vimos que el agua que ocupa los poros más grandes (macroporos) drena hacia las capas inferiores de una forma más o menos rápida dependiendo de la permeabilidad del suelo. El resultado de este balance de agua en el horizonte de suelo es el valor de humedad en el suelo para una condición y tiempo específico. (FAO, 2006)

- ✓ **Humedad gravimétrica:**

  Cuado se habla de humedad gravimétrica, se hace referencia al porcentaje de peso de suelo ocupado por el agua.

- ✓ **Humedad volumétrica:**

La humedad gravimétrica resulta ser el porcentaje de volumen de suelo ocupado por el agua.

- ✓ **Punto de marchitez permanente (PMP)**

Considerado como el contenido de agua que tiene un suelo, bajo el cual las plantas no son capaces de absorberlas por las raíces para cumplir con las exigencias impuestas por la traspiración.

El punto de marchitez permanente depende del consumo de agua de la planta, profundidad de la zona radicular, agua utilizada por la planta, de la capacidad de retención del suelo y del nivel de agotamiento a que esta sometido el suelo por riego y/o lluvia. Cuando aumenta la temperatura y la velocidad de consumo de humedad, el marchitamiento se produce con tensiones más bajas y contenido de humedad mayor.

Cuando la humedad disminuye acercándose al PMP, las plantas se afectan, se obstaculiza su desarrollo y al final disminuye mucho el rendimiento. Por ello, si se desea que las plantas se desarrollen normalmente, se debe tener lo antes mencionado en cuenta y mantener la humedad del suelo muy por encima del PMP. (Randalph Guillermo Roblero Gonzales, 2011)

- ✓ **Saturación.**

Se refiere al contenido de agua del suelo cuando prácticamente todos los espacios están llenos de agua. En los suelos bien drenados es un estado temporal ya que el exceso de agua drena de los poros grandes por influencia de la gravedad para ser reemplazada por aire. (FAO, 2008)

5.2.3. Necesidades hidricas de los cultivos

- ✓ **Evapotranspiracion (Et)**

Se considera que las necesidades de agua de los cultivos están representadas por la suma de la evaporación directa de agua desde el suelo más la traspiración de las plantas, suelen expresarse en milímetros de altura de agua evapotranspirada en cada día (mm/día) y es una cantidad que variara según el clima y el cultivo.

- ✓ **Evapotranspiración de referencia (Eto)**

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia; que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como Evo transpiración del cultivo de referencia, y se denomina ETo. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. Como el cultivo es siempre el mismo, será mayor o menor según sean las condiciones del clima (radiación solar, temperatura, humedad, vientos, etc.) Y del entorno. (Gómez, 2010)

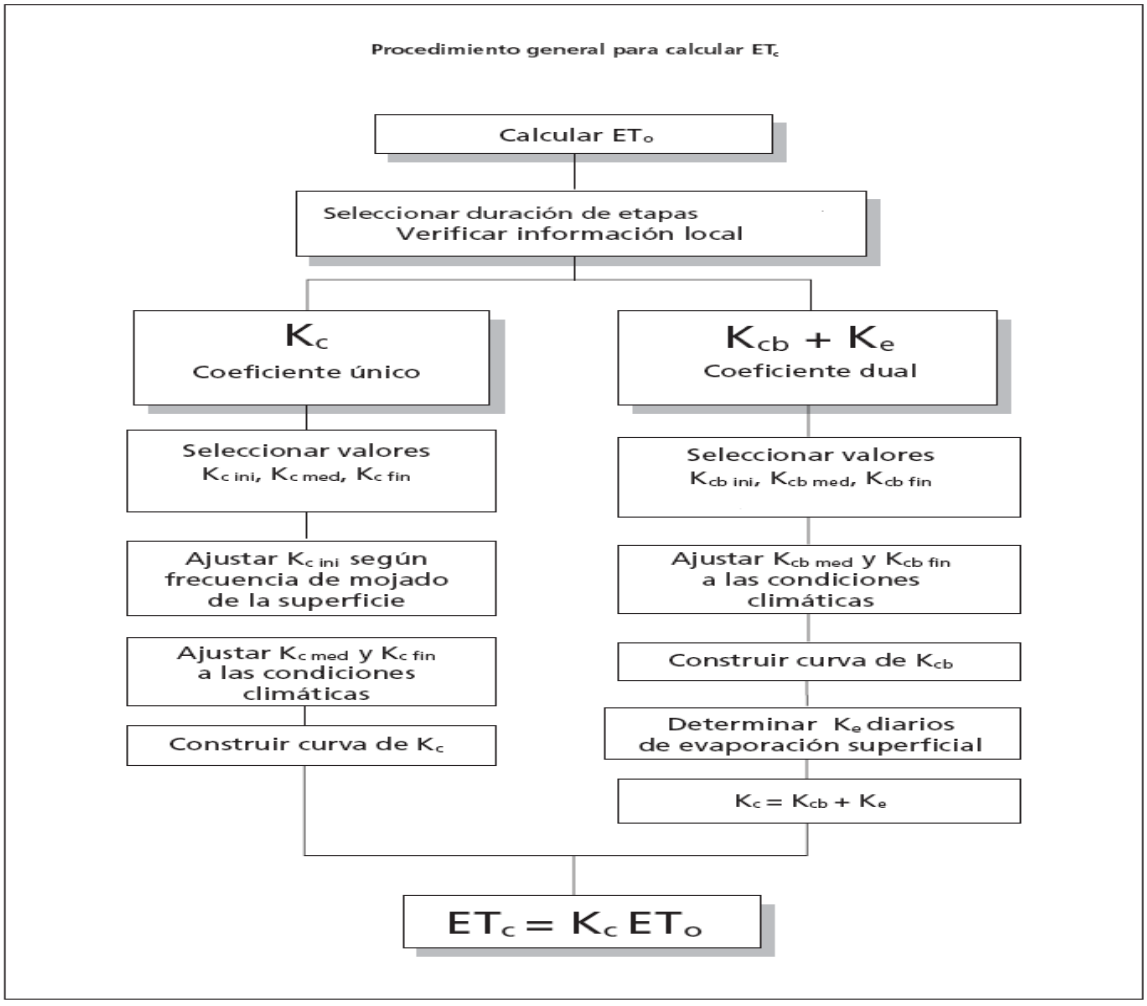
- ✓ **Coeficiente de cultivo (Kc)**

Describe las variaciones en la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo en cada etapa fenológica, desde la siembra hasta la recolección.

- ✓ **Evapotranspiración del cultivo (Etc.)**

Para calcular las necesidades de los cultivos, se calcula la evapotranspiración real o actual del cultivo Etc.= Et_o × Kc, y se relacionan estos valores con la lluvia para tener los requerimientos netos de riegos del cultivo.

FIGURA 5: ESQUEMA GENERAL PARA CALCULAR Etc



FUENTE: Evapotranspiración del Cultivo, studio FAO riego y drenaje 56.

- ✓ **Balance de agua**

Las entradas de agua pueden ser debidas a las lluvias (LL) o al riego (R). Por su parte, las salidas de agua se deberán a la evapotranspiración (Et), la escorrentía (S) o la filtración profunda (Fp).

- ✓ **Precipitación efectiva**

Es aquella fracción de la precipitación total que es aprovechado por la planta, depende de múltiples factores como puede ser la intensidad de la precipitación o la aridez de clima, y también de otros como la inclinación del terreno, contenido en humedad del suelo o velocidad de infiltración.

- ✓ **Eficiencia de aplicaciones del riego (Ea)**

Es precisamente el porcentaje del agua que las raíces aprovechan respecto del total aplicada. Involucra tres: Cu, Eficiencia de aplicación, eficiencia de almacenamiento

- ✓ **Lamina aplicar**

Visto desde la óptica de aplicación del agua por la unidad de riego , esta resulta ser la lámina de agua que debe suministrar la unidad de riego por medio de los microaspersores para un caudal del miniaspersor y un tiempo de puesta expresado en horas, pero involucrando la eficiencia del mismo.

- ✓ **Preriego**

Pre-riego: Es el período de tiempo, en el que sólo se aporta agua limpia a la red de tuberías, con la intención de limpiarlas, por lo tanto, durante este intervalo de tiempo no se inyectarán abonos ni ácido. (Irritec, 2013)

- ✓ **Riego diario**

Es un riego en el que programamos la hora de inicio y la duración del mismo. La hora de inicio siempre deberá encontrarse dentro del período determinado por el Horario Activo.

- ✓ **Consumo de agua**

El consumo de agua dependerá tanto del cultivo, (ya que no todas las plantas utilizan la misma cantidad de agua), como de la climatología de la zona, en especial de las condiciones de radiación solar, temperatura, humedad y viento dominante.

Mediante el riego el agua se aplica al suelo, siendo éste un mero distribuidor. Dependiendo del tipo de suelo en el que esté implantado el cultivo, se podrá almacenar mayor o menor cantidad de agua y además la planta podrá extraerla con menor o mayor dificultad. (Carreker, Sparrow, & Lonng, 1979)

Por lo tanto, para que un determinado cultivo evolucione de forma óptima y utilice a la vez el agua eficientemente, es necesario conocer de manera bastante precisa cuál es el consumo de agua en cada fase del desarrollo y así saber qué cantidad aplicar con el sistema de riego.

Las relaciones que existan entre el suelo, el agua, la planta y el clima son esenciales para manejar un determinado sistema de riego ya que de ellas depende el movimiento del agua en el suelo, en la planta y cómo de esta pasa a la atmósfera.

El agua es un elemento esencial para las plantas que sirve para aportar sustancias nutritivas e interviene en los procesos de crecimiento y desarrollo. Con el riego se pretende aportar la cantidad necesaria para que el cultivo crezca de forma adecuada, pero ha de hacerse de forma eficiente limitando en lo posible las pérdidas de agua.

El suelo es el medio donde el agua de riego se almacena. La cantidad almacenada y la que las plantas pueden extraer dependen de la textura y porosidad. El agua y los elementos minerales son extraídos del suelo por las raíces, pasando hasta las hojas donde mediante la fotosíntesis la planta elabora la materia orgánica.

Gran parte del agua extraída por la planta se cede a la atmósfera en forma de vapor a través de las estomas en el proceso de transpiración. Parte del agua de riego se pierde por escorrentía, percolación y evaporación, y no puede ser extraída por las raíces. También existen zonas donde hay raíces, pero el agua de riego no llega, produciéndose entonces déficit de agua.

Mediante el cociente de déficit, la eficiencia de aplicación y el coeficiente de uniformidad se puede tener una estimación del destino del agua de riego y una valoración de la calidad con la que se ha efectuado el riego. (Atlantica Agricultura Natural, 2013)

- ✓ **Volumen de agua disponible**

Será necesario contar con un estudio del origen de la fuente de agua para conocer el caudal disponible seguro con una determinada probabilidad de ocurrencia, la misma que servirá para un buen diseño que optimice el uso del agua y de las tierras cultivables. (Perez & Rodriguez, 2012)

En sistemas de fuente de agua que han estado en explotación, el registro es básico, a como también lo puede ser la constancia de usuarios que tienen este sistema de explotación sobre todo cuando esta siendo extraida a través de unidades de bombeo y/o captaciones que utilizan la carga potencial gravitacional y donde su conducción y distribución se ha hecho por medio de tuberías.

- ✓ **Humedad aprovechable.**

Es la altura de agua que retiene un suelo homogéneo entre los contenidos de agua de Capacidad de Campo y Punto de Marchitez permanente, descontando el contenido de fragmento de roca del suelo.

5.2.4 Perdidas de agua en el suelo

- ✓ **Escorrentia**

Representa la cantidad de agua de lluvia o de riego que cae sobre la superficie del suelo pero que no se infiltra y se escurre sobre el, sin ser aprovechada por el cultivo. Por lo general, en riego localizado no se produce escorrentia, siempre y cuando la administracion de tiempos de riego sea manejada adecuadamente sobre todo en suelos arcillosos que es donde se debe prestar mucha atencion. (Jonathan Daniell Mayorga Mendoza, 2012)

- ✓ **Percolación**

Es el paso del agua hacia capas mas profunda. Si la cantidad de agua aplicada es mayor que la capacidad de retención, el agua infiltra hacia zona en las que las raices del cultivo no pueden acceder, siendo por lo tanto agua perdida.

5.3 RIEGO POR MICROASPERSION

El sistema más común y uno de los màs antiguos en la rama de los presurizados de riego es por aspersión convencional, este a través del tiempo ha sufrido transformaciones técnicas que dependen más que todo de su capacidad en los aspersores, de su presión de trabajo y de la potencia (Hp) demandado por unidad de area. Esta razón ubica en las explotaciones, utilizar los riegos por pívot, aspersión por cañones, autopropulsado, etc y aspersores de capacidad menor (≤160 lph), como es el caso de riego por mini y micro aspersión respectivamente. (Randalph Guillermo Roblero Gonzales, 2011)

Con independencia del sistema de riego empleado, regar bien significa dar a la planta el agua que necesita teniendo en cuenta, entre otros, los siguientes factores: suelo, lluvia, evaporación y fase de desarrollo de la planta. Es necesario considerar todos estos factores para determinar el caudal, la dosis, la frecuencia y el momento óptimo para realizar los riegos. El riego consiste en proporcionar a los cultivos el agua que necesitan para su buen desarrollo, con el objetivo de garantizar una mayor producción. (Jonathan Daniell Mayorga Mendoza, 2012)

En la actualidad en Nicaragua, existe un fuerte empuje del micro riego, como una estrategia prodigiosa para el desarrollo agrícola y continuara incrementándose en la medida en que se tome como una vía para el desarrollo de los procesos agrícolas hacia una modernización del sector (Jonathan Daniell Mayorga Mendoza, 2012).

El riego por microaspersion permite un ahorro impórtante de agua con respecto a otros métodos (aspersión y superficial), además de un mejor control en el uso del agua, y permitiria aporta a la planta fertilizantes y otros productos fitosanitarios, y a su vez reduce la degradación de los suelos en términos de erosión y salinización. Es por ello que un buen diseño del sistema contribuye al incremento de los rendimientos del cultivo.

El presente trabajo consistirá en el diseño de un sistema de riego por micro aspersión para el cultivo de tabaco, basado en un estudio de los factores y condiciones físicas de la finca “Sequeira”, en donde se proyectará el sistema; primordialmente las características hidrofisicas del suelo, la valoración de la calidad y disponibilidad de La fuente de agua, agentes climáticos y otros parámetros referidos a las relaciones suelo-agua-planta.

Aplicación:

Los microaspersores son ideales para riegos de bajo volumen en cultivos hortícolas, fruticultura, flores, invernaderos, viveros, protección contra heladas y riego de jardines. También permiten la aplicación de productos fitosanitarios en la cobertura vegetal de los cultivos. (Jonathan Daniell Mayorga Mendoza, 2012)

Su uso está muy extendido en invernaderos, sobre todo en hortícolas de hoja (lechuga y espinaca).

- ✓ **Partes de la instalación:**

Grupo de Bombeo: para suministrar la presión y el caudal adecuado a la instalación.

Filtración: el mayor o menor grado de espesor de filtración de la misma ira relacionado con la calidad del agua, y el tamaño de la boquilla del aspersor.

- ✓ **Sistema de abonado:**

Red de tuberías.

Micro aspersores: El alcance, el caudal y el tamaño de gota determinaran la elección de uno u otro modelo y la modalidad de la instalación. (Novagric, 2017)

Líneas regantes. Son las líneas que alimentan al micro aspersor, mangueras de polietileno, diámetro más usual es de 16 mm, debido a la facilidad de manejo y a la instalación de la misma. Se conectan directamente de la línea divisoria y se instalan paralelas a hileras de árboles a irrigar, aproximadamente a unos 30 cm. Del tronco del árbol.

Bloque de reacción forman parte de la conducción del sistema de riego, su función principal es de mantener (codos de 25º, 45°, 90º, la Tee, la cruz y el tapón final) en forma estática de modo que cuando el agua esté circulando no se lleguen a desunir, todos los atraques están hechos de cemento y arena.

5.3.1 Componentes de las instalaciones de riego localizado.

Una instalación de riego localizando consta básicamente de cuatro tipos de componentes por donde circula el agua; sistema de bombeo, el cabezal de riego, la red distribución de agua y los emisores.

- ✓ **Sistema de bombeo.**

Dota al agua de la presión necesaria para alcanzar el punto más lejos de la red, y puede formar parte del cabezal o estar alojado en el lugar independiente. También existen casos en el que el agua llega a la instalación por diferencias topográficas con la presión suficiente, por lo que este sistema no es necesario. (Carreker, Sparrow, & Lonng, 1979)

- ✓ **El cabezal del riego localizado**

Llamese al conjunto de elementos destinados a: filtrar, tratar, medir, controlar, regular presión, fuga de aire y suministrar el agua a la red de distribución.

- ✓ **El sistema de filtrado**

El componente principal del cabezal, compuestos por distintos tipos de filtros con los que pretende eliminar las partículas y elementos que llevan el agua en suspensión y puede ocasionar obturaciones en cualquier parte de la red de riego, principalmente en los emisores.

En base al tipo de fuente de suministro y a la calidad del agua, se toman decisiones técnicas de tipo de filtrado a utilizar, asi, por ejemplo, para aguas superficiales, manantiales utilizar filtrado de arena, pozos de agua profunda utilizar filtros hidrociclon, etc.

- ✓ **El sistema de fertirriego**

El cabezal suele contar también con equipo de fertirriego Para añadir el fertilizante al agua o bien, algún elemento fitosanitario, herbicida, plaguicida, etc.

- ✓ **La red de distribución**

Está formada por las tuberías, que llevan el agua filtrada y tratada desde el cabezal, y los elementos singulares (accesorios) o piezas para adaptar la red de tuberías a la forma o configuración de la parcela al regar.

- ✓ **Tubería principal**: la tubería que parte de cabezal.
- ✓ **Unidad de riego**: cada una de las divisiones del área a regar según determinados criterios, superficie, cultivo, suelo, etc.
- ✓ **Tubería secundaria**: tubería que abastece cada unidad del riego.
- ✓ **Tubería terciaria**: las tuberías denominadas laterales están abastecidas por tubería terciaria y es donde se encuentra colocados los emisores de riego localizado.

- ✓ **Subunidad del riego**: Es la superficie regada por cada terciaria.
- ✓ **Emisores**

Son elementos de la red que producen y controla la salida del agua desde los laterales. Están situados a cierta distancia unos a otros, por lo que la salida del agua se produce de manera discreta a lo largo del lateral de riego formado los bulbos humedecidos, o bien aplicarse de forma continúa creándose una banda humedad en el suelo.

5.3.2 Microaspersores y difusores

Son emisores que distribuyen el agua al suelo en forma de fina lluvia sin llegar a humedecer toda la superficie del cultivo. Tanto uno como otros mojan una superficie circular con radio normalmente menos de 3-4metros.

- ✓ **VENTAJAS Y LIMITACIONES**

Ventaja

- ✓ Permite un ahorro importante de agua con respecto a otros métodos (aspersión y superficie), por presentar la técnica de riego eficiencias altas.
- ✓ Posibilidades altas de automatización, si el productor lo require
- ✓ Bajo componente de Hp/mz
- ✓ Posibilita siembra oportuna de los cultivos y se adaptas a todas las etapas de desarrollo de los frutales.
- ✓ Reduce la cantidad de mano de obra y el costo de movimiento de tierras.
- ✓ Permite obtener mayores productividades y más ingresos económicos.
- ✓ Disminuye el proceso erosivo del suelo mediante la buena selección de aspersión.

- ✓ Se adecua para utilizar fertirrigación.
- ✓ Necesita menor filtrado que el goteo.
- ✓ Aplicación de agua con alta eficiencia, alrededor del 70%.
- ✓ Comparado con el riego por aspersión se utiliza presiones de trabajo bajas, entre 1,5 a 2 atmosferas.
- ✓ Permite el cultivo en terrenos arenosos y con gran capacidad de filtración.
- ✓ Alta productividad de mano de obra en la operación de la unidad
- ✓ Caracteristica particular de riego sub follaje en cultivos
- ✓ Propicio para huertos familiares, cuando el caso lo amerite. (Jonathan Daniel Mayorga Mendoza, 2012)

Limitaciones

- ✓ Necesita que el emisor se encuentre siempre en posición vertical para funcionar eficientemente.
- ✓ Es afectado por pisoteo del personal en época de cosecha.
- ✓ Mayor costo de instalación con respecto a los sistemas tradicionales.
- ✓ Dificultades en mantener la posición vertical.
- ✓ El viento puede influir en la uniformidad de riego, cuando el suelo este desnudo
- ✓ Sensible a fallas mecánica de la unidad de bombeo y que pueden afectarse por los descensos de humedad al discontinuarse las jornadas de riego
- ✓ Poco ventajoso en la fase de siembra y germinación, sobre todo cuando las plantaciones se instalan en periodos de verano(seco), al requerir grandes tiempos de puesta para alcanzar la humedad a Cc en la unidad establecida

- ✓ Requiere de otro sistema de riego para dar posición de ventaja en el establecimiento de humedad en zona radicular y la germinación en época de verano
- ✓ Alto dezplazamiento de la mano obra en la actividad del riego. (Microasp, 2012)

5.3.3 Los dispositivos de seguridad más utilizados son:

- ✓ Válvula aliviadora de aire y vacío: Son colocadas en las partes altas y bajas del terreno en las tuberías principales subterráneas para desalojar el aire que queda atrapado dentro de ellas y también su función es romper el vacío permitiendo la entrada de aire cuando se para el sistema, también se coloca en la parte terminal de la línea principal, antes de pasar al último crucero divisor.

- ✓ Válvula aliviadora de presión: Su función es proteger la línea de conducción principal, de repentinos excesos de presión causados por cierres rápidos de las válvulas. Por lo general siempre se coloca una en cada extremo de la tubería.

- ✓ Equipo-de inyección de fertilizantes: este tipo de equipo se ha popularizado su uso en los sistemas de riego presurizado debido al ahorro de mano de obra y fertilizantes al aplicarse mezclada con el agua de riego. (Inta, 2015)

- ✓ Valvula Hidraulica, buscar el tipo Bermad y ahi sale su utilización básicamente se utiliza en sarta de unidad de bombeo.

5.3.4 Caracteristicas del sistema

- ✓ Espaciamiento entre microaspersores y laterales

El espaciamiento entre microaspersores y líneas, está en función de la velocidad de infiltración básica del suelo, diámetro de humedecimiento del aspersor, velocidad del viento y a las distintas disposiciones existentes (cuadrada, triangular o rectangular), tomando en cuenta que la precipitación debe ser menor a la velocidad de infiltración básica.

- ✓ Presión en el sistema

La presión en el agua es necesaria por dos motivos: la red de distribución se multiplica en proporción a la superficie que debemos regar y teniendo en cuenta que el agua debe llegar al mismo tiempo y a la misma presión a las bocas donde se encuentran instalados los mecanismos de difusión (microaspersores) con el fin de conseguir un riego uniforme. La segunda razón es que la presión del agua debe ser capaz de poner en marcha todos los microaspersores al mismo tiempo bien sean fijos o móviles, de riego más pulverizado o menos.

En el caso de que la presión de la red no sea suficiente se deberá instalar un motor que dé la presión suficiente desde el depósito hasta los aspersores.

5.4 DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO

5.4.1 Diseño agronómico

Consiste primordialmente en determinar % de humedad a aplicar en zona radicular, lamina de riego, Tiempo de puesta, Jornada de riego, Frecuencia de riego, las necesidades hídricas del cultivo, etc, es decir se calcula la cantidad de agua que necesita el cultivo para su normal desarrollo sin ocasionar un déficit hídrico, dependiendo de factores edafoclimáticas y otros propios del cultivo.

- ✓ **Necesidades netas de riego (Nn)**

Este concepto se visualiza desde la expresión de suelo, para este caso en particular cuando se hace referencia a suelo es la cantidad de agua que esta contenida en ese suelo, a la profundidad de mayor porcentaje de raíces y que esta disponible para las plantas, Su valor debe determinarse en campo y/o laboratorio. Cuando el agua se aplica en toda la superficie a regar, las necesidades netas vienen dada por la ecuación:

$$Nn = Eto \times Kc$$

donde:

- Eto: Evapotranspiración potencial

- Kc: Coeficiente de cultivo

- ✓ **Necesidades brutas del riego (Nb)**

El equipo como tal, siendo una maquina presenta deficiencia constructivas y otras de entorno en su aplicación del agua , por lo tanto si el suelo necesita una cantidad neta de agua a una profundidad radicular dictaminada por el proyectista, resulta imperante que cuando se hace uso de técnicas de riego para suplir la humedad del suelo , es necesario concer la eficiencia de aplicación del sistema de riego , que al ser incorporada esta se puede determinar las necesidades brutas de riego

(Nb), ó sea, la cantidad real de agua que ha aplicarse durante riego para satisfacer las necesidades netas de riego.

5.4.2 Diseño hidráulico

Consiste básicamente en la sincronización de un conjunto de accesorios y equipos que permite trasladar una determinada cantidad de agua desde la fuente de la misma hasta el área destinada al riego, con garantía de caudal, presión de trabajo del aspersor, diámetro humedecido, selección de diámetro de tubería, material de tubería con enfoque a disminuir las pérdidas de agua y maximizando las eficiencias de conducción, distribución y aplicación en todo el sistema de riego.

- ✓ **Coeficiente de uniformidad (Cu)**

Es un parámetro que nos indica el grado de igualdad de dosis de agua entregada por los emisores del sistema. Su valor indica el porcentaje de emisores que están entregando al suelo un promedio de agua asumida en el diseño y que resulta ser la necesaria por la planta. (Gómez, 2010)

- ✓ **Radio humedecido**

Es la distancia que recorre el chorro principal, medido desde la base del aspersor con el equipo detenido sin girar y a cero vientos; es un importante parámetro ya que determina el espaciamiento entre aspersores y laterales. El radio de alcance es uno de los parámetros brindados por el fabricante; el cual, en caso de no contar con este dato en los catálogos, se puede calcular por formulas tradiconales y/o por evaluaciones de campo.

- ✓ **Eficiencia**

La eficiencia de riego es la cantidad de agua útil para el cultivo que queda en el suelo después de un riego, en relación al total del agua que se aplicó. Generalmente se mide en porcentaje o litros de agua útil en el suelo por cada 100 litros aplicados.

- ✓ **Tiempo de puesta**

Es el tiempo necesario de operación del sistema para aportar el agua requerida en función de las necesidades diarias de la planta. Para su determinación, se toman en cuenta parámetros como: necesidades brutas de riego, distancia entre emisores, distancias entre laterales y caudal de los emisores. (Carreker, Sparrow, & Lonng, 1979)

- ✓ **Frecuencia de riego (Fr)**

Se refiere a la cantidad de veces por día o por semana que se necesita regar y esto varia de un lugar geográfico a otro, la época del año, la evapotranspiración, el grado de exposición al sol, tipo de suelo y etapa del cultivo.

6 DISEÑO METODOLÓGICO

6.1 LOCALIZACION

La investigación se llevo a cabo en la finca Sequeira ubicada en el municipio de Jalapa, Departamento de Nueva Segovia, localizada entre las coordenadas geográficas 13º 55´ de latitud Norte y 86º 7´ longitud Oeste, una altitud de 600 a 1500 msnm. (Figura 4.)

6.1.1. Macro localización

Jalapa es una ciudad y un municipio ubicado al norte del departamento de Nueva Segovia en la República de Nicaragua. a una distancia de 300 km al norte de la capital Managua y 70 km al noreste de la ciudad de Ocotal, cabecera departamental.

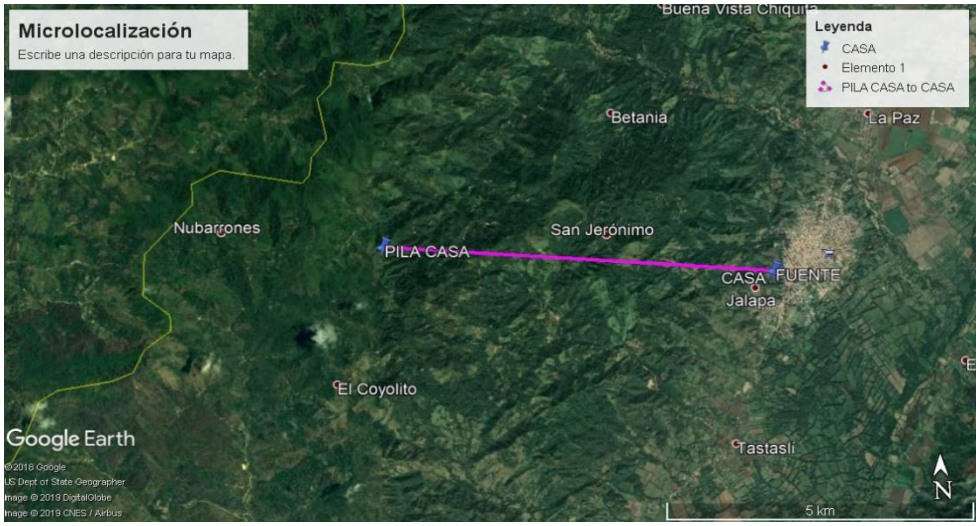
Figura 4. Macrolocalización de la zona de estudio.

Fuente: propia.

6.1.2. Micro localización

Jalapa. Municipio que pertenece a la jurisdicción del Departamento de Nueva Segovia, ocupando su parte norte, su cabecera municipal está ubicada casi en su totalidad en el antiguo e histórico Valle de Jalapa, al suroeste de la cordillera de Dipilto. Se localiza el municipio en una zona montañosa de difícil acceso, rica en recursos naturales.

Figura 5. Microlocalización de la zona de estudio.



Fuente: propia

6.2. METODOLOGIA

La metodología empleada en este estudio consistió en la investigación descriptiva, (de las condiciones físicas del área destinada al riego) y el respectivo procesamiento de datos obtenidos y de la revisión y análisis de los resultados.

6.2.1. Levantamiento Topográfico del Área de Riego

Situados en la finca se definió el área en la cual se proyectó el sistema de riego; haciendo uso de un GPS se registraron puntos que definen dicha área. Luego se descargaron o transfirieron esos datos a un computador para procesarlos en los Software, Google Earth y Auto Cad, con los cuales se obtuvo el plano topográfico del área mencionada (Ver: Anexo 3 - Planos).

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

Se definió el lugar donde se realizó el muestreo de suelos, realizándose 18 exploraciones con el barreno con una profundidad de 0 – 20 cm. Seguidamente se depositaron las muestras en el recipiente y se realizaron 6 muestreos con la pala con una profundidad de 10 – 30 cm y se agregaron a un balde, donde se homogenizaron las muestras y se extrajeron aproximadamente 1 Kg depositándose en una bolsa plástica sellada la que posteriormente se etiqueto para su posterior traslado al laboratorio de edafología ubicado en la Univercidad Nacional de Ingenieria (UNI-RUPAP) donde se le realizaron análisis para el conocimiento de las siguientes propiedades:

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

estado natural del suelo (Ver: Pruebas de Campo y Laboratorio - Anexo 1).

6.2.3. Determinación de la Velocidad de Infiltración

- ✓ Método de los Cilindros Infiltrometros.

El método consiste en instalar en el terreno y en un sitio característico y previamente limpiado de hierbas, desechos, piedras etc... Dos cilindros concéntricos de acero, huecos en el centro, con medida aproximadas de 40 cm de alto, 30 y 50 cm de diámetro respectivamente.

Se coloca un tablón de madera sobre ellos y se golpearan hasta que penetren a una profundidad de 10 a 15 cm. Los cilindros deberán estar a nivel. Una vez instalado, se llenará de agua en anillo exterior, se cubre el anillo interior con un plástico lo adherido posibles a las paredes, se vierte agua y se mide el tirante con ayuda de una regla graduada. Luego se empieza las pruebas quitando el plástico rápidamente

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

Después de varias horas, cuando el nivel del agua en dicho cilindro varió muy poco o nada, la prueba se dio, por terminada. Con las lecturas y con los tiempos registrados se calculó la tasa de infiltración promedio utilizando el Método de Kostiakov, para compararla con la pluviometría de los Microaspersores a utilizar. (Ver: Prueba de Campo: Cilindro Infiltrometro – Anexo 2.1).

6.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES HIDROFISICAS DEL SUELO.

- ✓ Determinación de la capacidad de campo del suelo (Cc) por el método del embudo de vidrio.

Las muestras representativas obtenidas del muestreo de suelo, se colocaron en los pesafiltros para evitar la evaporación del agua en el laboratorio de suelos para realizar el cálculo de la humedad a capacidad de campo. Seguidamente en un embudo de cristal grande se colocó un papel filtro previamente humedecido; el embudo se colocó en un anillo y unido a su soporte. Se llenó el embudo con la muestra extraída hasta un poquito por debajo del papel filtro, se humedeció hasta saturar la muestra y que comenzara a gotear, recogiéndose en un beaker situado debajo. Se dejó escurrir toda el agua gravitacional; por un lapso de tiempo de 24 horas. Una vez que ceso de escurrir el agua gravitacional de la muestra, se realizó la pesada (Psh).

Se puso la muestra en la estufa a 105˚C hasta obtener peso constante, se realizó la pesada (Pss), y se determinó el tanto por ciento de humedad sobre la base de suelo seco, que será la capacidad de campo (Cc), con la siguiente fórmula:

$$\%\mathrm{Cc} = \frac{(\mathrm{Psht} - \mathrm{Psst})}{(\mathrm{Psst} - \mathrm{Pt})} \mathrm{x}\ 100$$

Determinación del punto de marchitez permanente (PMP).

A partir del valor obtenido de la Capacidad de Campo se determinó el valor de Punto de Marchitez Permanente a través de la siguiente expresión:

$$\%\mathrm{PMP} = \frac{\mathrm{Capacidad\ de\ Campo}}{1.84}$$

- ✓ Determinación de la densidad aparente o densidad de volumen del suelo (Da).

Lo primero que se realizo fue la pesada de las taras vacías, en la balanza electrónica. A continuación, se colocaron en cada tara las muestras de suelo extraídas de cada horizonte y se pesaron (Psh). Se introdujeron las muestras al horno por 24hrs para posteriormente obtener su Peso Seco (Pss). Y por último se procedió a determinar la densidad aparente del suelo, a través de la siguiente fórmula:

Densidad aparente (D_a):

$$\mathrm{Da} = \frac{\text{Peso suelo seco}}{\text{Volumen cilindro}}$$

- ✓ Determinación del Ph del suelo.

Se pesaron 10 g de suelo seco al aire en frasco de boca ancha. Incluyendo una muestra control. Se agregaron 25 ml de líquido (Agua o solución de KCl 1 M) y se tapó el frasco y se agito por unos minutos. Antes de abrir el frasco para la medición, se agito con la mano una o dos veces. Luego se introdujo el electrodo en la parte de arriba de la suspensión y se tomó la lectura del pH cuando la lectura se estabilizo (con exactitud de 0.1 unidades).

6.4. AFORO DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO.

El aforo es la operación de medición del volumen de agua en un tiempo determinado. Esto es, el caudal que pasa por una sección de un curso de agua. Para el trabajo se procedio a realizarlo volumétricamente por medio de un recipiente de 20 litros, realizándose mediciones de tiempo por llenado de recipiente, donde los tiempos se midieron varias veces para obtener valor promedio de tiempo representativo de la prueba.

Aplicandose posteriorente la ecuación de que el Caudal = Volumen / tiempo. Este aforo se raelizó en la fuente y en la entrada de la finca, donde esta ubicada la pila con dimensiones de 1.54m de ancho, 2m de largo y una profundidad de 1.50m, que recepsionara el agua para el riego.

- ✓ **Descripción de las Condiciones Climáticas**

Para apreciar las magnitudes de los factores climáticos de la zona en que se realizó este estudio, se utilizaron los datos climatológicos proporcionados por el Institución Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), correspondiente a la Estación Meteorológica Ocotal, Código: 45017, con coordenadas: Latitud: 13° 37' 00" N, Longitud: 86° 28' 00" W, Elevación: 612 msnm. Dichos datos sirvieron de base para la determinación de la evapotranspiración de referencia de la zona, calculada con el software Cropwat 8.0. (Ver: Determinación de la Evapotranspiración de Referencia para el Cálculo de las Necesidades Hídricas del Cultivo - Anexo 2.2).

6.5. DISEÑO AGRONÓMICO

En esta parte toma los datos de requerimientos de riego basado en los datos climáticos (Eto) y del cultivo (Kc), datos de suelo para establecer la lámina de riego y posteriormente definir lámina de riego neta y bruta, así como intensidad de la aplicación, tamaño de sectores de riego y caudal del sector. Este último se compara con el caudal de la fuente para analizar la viabilidad del riego. El diseño agronómico es una parte fundamental del proyecto de riego, presentando ciertas dificultades, tanto de tipo conceptual como de cuantificación de ciertos parámetros, por el gran número de condicionantes que ha de tener en cuenta (suelo, clima, cultivo, parcelación etc.)

Este diseño se realizó a continuación de obtener los resultados del análisis de suelo del laboratorio para realizar el cálculo de la norma neta del suelo (Nn), Norma bruta del suelo (Nb) y Necesidades brutas del cultivo. Los datos de laboratorio utilizados son: Densidad aparente (Da), Profundidad radicular (Hr), Capacidad de campo (Cc) y Punto de marchitez permanente (PMP).

- ✓ **Método para el cálculo de la evapotranspiración potencial (Eto)**

CROPWAT 8.0 para Windows

CROPWAT (crop = cultivo; wat = agua) es un programa que utiliza el método de la FAO Penman - Monteith para determinar la evapotranspiración de los cultivos (ETO). Los valores de ETO son utilizados posteriormente para estimar los requerimientos de agua de los cultivos y el calendario de riego. Es una herramienta de ayuda para la toma de decisiones en el manejo de los cultivos tanto a nivel de parcela como al de un perímetro de riego o área más o menos compleja que incluya una combinación de cultivos bajo riego. (FAO, 2006)

- ✓ **Norma neta del suelo**

Con la dosis neta de riego se aporta humedad al suelo para satisfacer las necesidades del cultivo durante varios días. Suele expresarse en m3/ha o mm de altura de lamina de agua. Conviene recordar que 1 mm = 1 l/m2 = 10 m3/ha. Puede calcularse como:

$$Nn=100\times Da\times(Cc-Lp)\times H$$

Donde:

Nn: Norma neta o lámina de agua en el suelo después de un riego. (m^3 o mm)

Da: Densidad aparente. (gr/ cm^3)

(Cc - Lp)= % Humedad

H: profundidad radicular (mt)

- ✓ **Norma bruta del suelo**

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.

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

Por lo tanto, conociendo la eficiencia de aplicación se pueden determinar la norma bruta de riego (Nb), o sea, la cantidad real de agua que ha de aplicarse durante el riego para satisfacer las necesidades netas de riego. Se calculan utilizando una fórmula muy simple:

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

$Donde$:

Nb : $Norma\ bruta$ (mm)

Nn :$Norma\ Neta$ (mm)

Ef:$Eficiencia\ del\ sistema\ de\ riego$ (%)

- ✓ **Necesidades brutas del cultivo**

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

Donde:

Uc: Uso consuntivo o evapotranpiración (mm/dias)

Ef: Eficiencia del Sistema de riego (%)

- ✓ **Evapotranspiración real o uso consuntivo**

Permite estimar la evapotranspiración del cultivo para un periodo determinado.

$Etr_{cultivo}=Eto*Kc$

$Donde$:

$Etr_{cultivo}$: Evapotranspiración real (mm/día)

Eto: $Evapotranspiración$ $(mm/día)$

Kc: $Coeficiente\ del\ cultivo$ (Jonathan Daniel Mayorga Mendoza, 2012)

- ✓ **Elección del Microaspersor**

El microaspersor seleccionado para el presente diseño es el modelo 3/8''M BSW marca SENNINGER, debemos considerar: - El hábito de crecimiento del sistema radicular (profundo o superficial). - El tipo de suelo (texturas finas, medias o gruesas). - Diseño de plantación (marco de plantación tradicional, alta densidad o cultivo hilerado.

A demás, hay que tener en cuenta de que no es válido cualquier Microaspersor para el sistema de riego que estemos diseñando. Cada Microaspersor tiene su rango de funcionamiento óptimo según la presión disponible. Un mismo Microaspersor rendirá un caudal diferente y tendrá un alcance distinto según la presión a la que esté funcionando y en combinación con el tipo de boquilla. Esto hace necesario que debamos contar con los datos técnicos de los microaspersores que potencialmente podemos utilizar en el proyecto (En Anexo 2.4 se presenta el catálogo comercial del Microaspersor utilizado en este trabajo).

6.6. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN

Se comienza por el diseño de la subunidad de riego, combinando los cálculos hidráulicos (determinación de caudales, presiones y diámetros de tuberías laterales y terciarias) con la distribución en planta de la red de riego (diseño geométrico del sistema) según forma y topografía del área a regar.

Los cálculos hidráulicos consisten en primer lugar en determinar los caudales en las tuberías laterales y terciarias luego, teniendo en cuenta cierta tolerancia de presiones, seleccionar los diámetros y el régimen de presiones para dichas tuberías. El resto del diseño (tuberías secundarias, primarias o conductora y cabezal de riego) es más parecido al de cualquier red tradicional de riego por tuberías, con algunas peculiaridades en el caso del cabezal de riego.

- ✓ **Diseño de la Sub-unidad de Riego**

A partir de la distribución en planta de las tuberías terciarias y laterales se definen sus longitudes, pensando en conseguir una distribución de agua adecuada a un mínimo costo; seguido de la determinación de los caudales de éstas y la elección de sus diámetros y régimen de presiones.

Para el caso del dimensionamiento de las tuberías terciarias y laterales, se debe considerar los requerimientos de presión y caudal de los emisores para mantener un Coeficiente de Uniformidad (Cu) del sistema lo más cercano al potencial que tienen los sistemas de riego localizado de 90%.

Asumiendo que se pretende lograr un sistema de riego con un Cu como el antes mencionado y con coeficientes de variación, coeficientes y exponentes de descarga estándar de distintos emisores (variables dadas por la ecuación del emisor que describe la relación caudal-presión), se puede determinar el rango de tolerancia de presiones (∆Hs) para distintas calidades.

- ✓ **Determinación de los Caudales en las Tuberías Lateral y Terciaria**

Para tubería lateral:

Número de emisores (n)

n = l / Se

Donde:

l = Longitud del lateral, en m.

Se = Separación entre emisores, en m.

Caudal del lateral (ql) ql = n * qm

Donde:

qm = Caudal medio del emisor.

Para tubería terciaria:

Número de laterales (N) N = L / Sl

Donde:

L= Longitud de la terciaria, en m.

Sl = Separación entre laterales, en m.

Caudal de la terciaria (qt)

qt = N * ql

Donde:

ql = Caudal del lateral.

- ✓ **Determinación de las pérdidas de carga por rozamiento para tuberías lateral y terciaria**

Se calcula la pérdida de carga unitaria (J), en m/100m.

En tuberías de riego agrícola, para el cálculo de la pérdida de carga unitaria para materiales de PVC y PE se recomienda en riego localizado la ecuación de Blassius (una aproximación de la ecuación de Darcy - Weisbach) para tuberías con diámetros iguales o menores a los 125 mm y cuando a 10^5<Re< 10^7.

$J = 7.89x10^7 \ (Q^{1.75} / D^{4.75})$

Donde:

J = Gradiente de pérdida de carga o pérdida unitaria, en m/100 m.

Q = Caudal del lateral o terciaria (lps) según el caso.

D = Diámetro interior del lateral o terciaria (mm) según el caso.

- ✓ **Determinación de la pérdida de carga unitaria corregida para ambas tuberías, debido a la conexión de los emisores - lateral (en el caso de los laterales) y por conexiones lateral-terciaria (en el caso de terciaria) (J'), en m/100 m.**

Las pérdidas de carga, se ven afectadas también por la obstrucción que se produce por la inserción de cada emisor en el lateral. Esta pérdida depende del

tamaño y tipo de conexión, y del diámetro interno del lateral. Para incorporar esta pérdida a las pérdidas totales del lateral, se determina una longitud equivalente (fe) del lateral en el cual se insertan los emisores.

Para tubería lateral:

$$J' = J\ Se + fe\ Se$$

Donde:

J = Pérdida unitaria (m/100m)

fe = Factor de corrección o longitud de lateral cuya pérdida de carga equivale a la producida por la conexión del emisor, (m).

Se = Separación entre emisores, (m).

Para tubería terciaria:

$$J' = J\ Sl + Fe\ Sl$$

Donde:

J = Pérdida unitaria (m/100m).

Fe = Factor de corrección o longitud de terciaria cuya pérdida de carga equivale a la producida por la conexión del lateral con la terciaria, (m).

Sl = Separación entre laterales, (m).

- ✓ **Factor de Christiansen (F) para tubería lateral y terciaria.**

"F" es el coeficiente de reducción de Christiansen para compensar la descarga a lo largo de la tubería en función del número de orificios o salidas múltiples. El factor de Christiansen (F) se puede calcular mediante la expresión:

$$F = \frac{1}{1+\beta} + \frac{1}{2*n} + \frac{\sqrt{\beta}-1}{6*n^2}$$

F es función de n (número de derivaciones o emisores) y del régimen hidráulico que es el exponente de la fórmula. - Coeficientes de Christiansen, cuando la primera derivación esté a una distancia del comienzo de la tubería (lo), igual a la equidistancia (l) entre las derivaciones, es decir, l = lo, o bien cuando la primera derivación está situada a una distancia del comienzo del lateral igual a la mitad del espaciamiento entre derivaciones (lo = l/2).

Se determina la pérdida de carga por rozamiento (hf), en m.

Para lateral:

h_{fl} = $\boldsymbol{J'x\ F\ x}$ ($\boldsymbol{l}$ /**100**)

Donde:

h_{fl} = Pérdida de carga en el lateral, en m.

J'= Pérdida unitaria corregida (m/100m).

l = Longitud de la tubería lateral (m). ñ

Para terciaria:

h_{ft}= $\boldsymbol{J'x\ F\ x}$ ($\boldsymbol{L}$/ **100**)

Donde:

h_{ft} = Pérdida de carga en la terciaria, en m.

J'= Pérdida unitaria corregida (m/100m).

L = Longitud de la tubería terciaria (m).

- ✓ **Régimen de Presiones en la Sub-unidad de Riego**

Para tubería lateral:

Presión a la entrada del lateral (h_l), en m.

$h_l = h_m + 3/4\ h_{fl} \pm 1/2\ (\Delta E_L)$

ΔEl = (S * l) / 100

Donde:

hm = presión de trabajo del emisor, en m.

hfl = Pérdida de carga en el lateral, en m.

ΔEl = Diferencia de cotas entre los extremos de la tubería, en m.

S = pendiente, en %.

l = longitud del lateral, en m.

Presión mínima del lateral (hn), en m.

- ✓ Cuando S < 0 y │S│ < J'

$h_n = h_l - (h_{fl} + \Delta El) - \Delta h_c$

Donde:

$\Delta h_c = l/100\ (1 - F) S^{1.52}\ (J')^{-0.57}$

- ✓ Cuando S ≥ 0

$h_n = h_l - (\ h_{fl} + \Delta El)$

- ✓ Cuando S < 0 y │S│> J'

$h_n = h_l$

$h_c = h_l - h_{fl} - \Delta El$

Donde hc = presión al final de la tubería, en m. De tal manera que se cumple que Δh = 0. Entonces: (Jonathan Daniel Mayorga Mendoza, 2012)

$\Delta h_c = h_c - h_n$

- ✓ **Diferencia de presiones entre el principio de la tubería lateral y su punto de mínima presión (Δhl), en m.**

$\Delta h_l = h_l - h_n$

- ✓ **Para tubería Terciaria:**

Se calcula la presión a la entrada de la terciaria (h_t).

$h_t = h_l + 3/4\ h_{ft} \pm 1/2\ (\Delta EL)$

ΔEL = S * L/100

Donde:

h_{ft} = Pérdida de carga en la terciaria, en m.

ΔEL = Diferencia de cotas entre los extremos de la tubería, en m.

S = pendiente, en %.

L = longitud de la terciaria, en m.

Se calcula la presión mínima en la terciaria (Hn).

- ✓ Cuando S < 0 y $|S| < J'$

$H_n = h_l - (h_{ft} + \Delta El) - \Delta h_c$

Donde:

ΔH_c: Diferencia de presiones en la terciaria, desde el punto de mínima presión y el final de la tubería cerrada, en m.

$\Delta H_c = L/100\ (1 - F) S^{1.52}\ (J')^{-0.57}$

- ✓ Cuando S ≥ 0

$H_n = H_t - (h_{ft} + \Delta El)$

- ✓ Cuando S< 0 y │S│> J'

$H_n = H_t$

$H_c = H_l - h_{ft} - \Delta EL$

$\Delta H_c = H_c - H_n$

- ✓ **Diferencia de presión entre el principio de la terciaria y su punto de mínima presión (ΔHt), en m.**

$\Delta H_t = H_t - H_n$

- ✓ **Diseño de la Tubería Conductora**

Esta tubería cumple la función de conducir el agua de riego desde el cabezal hasta la entrada a las subunidades. El diseño consiste en seleccionar el diámetro más apropiado.

- ✓ **Método utilizado para seleccionar el diámetro de la tubería principal.**

Método de la velocidad permisible

La velocidad del agua en las tuberías tiene un valor límite, el cual fluctúa entre 5 y 10 pies/seg (1.50 a 3.00 m/s), siendo el valor más usual 7 pies/s (2.13 m/s).

El diámetro se obtiene de la siguiente manera:

Q = A * V

Despejando queda: A = Q / V pero $A = \frac{\pi * D^2}{4}$

Sustituyendo y despejando se obtiene el diámetro D en m:

$D = 4 * Q\ \pi * V\ \sqrt{\frac{4*Q}{\pi*V}}$

Donde:

Q = Caudal que circula por la tubería, en m³/s.

V = Velocidad permisible, propuesta, en m/s.

A = Área transversal de la tubería, en m².

- ✓ **Pérdida de carga unitaria (m/100m)**

$J = 7.89x10^{7}\ (Q^{1.75}\ /D^{4.75}\ )$

Donde:

Q = Caudal de la tubería conductora (lps)

D = Diámetro interior de la tubería conductora (mm)

- ✓ **Pérdida de carga por rozamiento en la tubería conductora**

  $h_{fc} = J\ x\ L$ /100

Donde:

J = Pérdida unitaria en la tubería conductora (m/100m)

L = Longitud de la tubería conductora (m)

7. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

7.1. PROPIEDADES HIDROFISICAS

A partir de las pruebas realizadas en laboratorio a las muestras de suelo extraidas en campo se determino las propiedades hidrofísicas del suelo dando como resultado, una textura de franco arcilloso arenosa, esto significa que es un suelo moderadamente fino lo que permite una coherencia entre las partículas esto suelos son más adecuados y apto para el tipo de tabaco Virginia variedad cultivada en la Segovia y la que se pretende cultivar en la finca sequeira.

La densidad aparente es un parámetro importante para la valoración de la calidad del suelo, puesto que determina su grado de degradación una densidad aparente de 2.04gm/cm3, indica un muy alto grado de compactación del suelo esto por un sobre pastoreo en la parcela de estudio, los valores de densidad aparente altos tambien nos indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces. Vease en la tabla $N^{\circ}2$ los resultado de las propiedades hidrofisicas del suelo.

Tabla 2

Propiedad del suelo	Clasificacion	Promedio
Capacidad de campo(CC)	Media	26.20%
Dencidad aparente(Da)	Muy alta	2.04gr/cm3
Textura	Franco arcilloso - arenoso	26% Arcilla 46% Arena 28% Limo
Punto de marchitez permanente(PMP)	Media	14.16%
PH del suelo	Fuertemente acido	5.5
Velocidad de infiltracion(Ib)	Moderada	5.9mm/h

Fuente: Propia

La Capacidad de campo y Punto de marchitez son los límites que definen la necesidad de agua de un cultivo para su óptimo desarrollo. El agua contenida en el suelo entre la capacidad de campo y el punto de marchitez es el agua capaz de absorber el sistema radical del cultivo, lo que nos indica que por 100gr de suelo seco retiene 26.20gr de agua lo cual tiene un grado de absorcion medio en el suelo.

La capacidad de infiltración es de 5.9mm/h es la capacidad que tiene el suelo de permitirle la entrada y la percolación del agua de lluvia la cual es moderada y hace que no haya escorrentia superficial en el suelo.

7.2. NECESIDADES HIDRICAS DE LOS CULTIVOS.

Estas están relacionadas directamente con la evapotranspiración potencial (etp) de la zona en estudio y del Kc, para la zona en periodo seco comprendido del mes de noviembre al mes de abril el valor minimo de la etp es de 3.84 mm correspondiente a la primer semna de noviembre y un máximo de 6.20 mm de la primera semana del mes de abril respectivamente, El valor promedio se ubica en 4,77 mm superando en un 9 % al valor minimo y un valor porcentual del 30% por debajo del limite máximo.

Vease en la siguiente tabla $N^{\circ}3$ la determinación de la evapotranspiración de referencia.

Tabla 3

ETo Penman-Monteith Mensual - C:\Users\User\Desktop\EVAPOTRANSPIRACION(ETo).PEM

País: Nicaragua Estación: Ocotal

Altitud: 612 m. Latitud: 13.00 °N Longitud: 86.00 °W

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	16.6	28.6	77	518	7.6	17.9	4.47
Febrero	17.2	29.7	74	518	8.0	19.9	5.14
Marzo	18.5	31.4	70	432	8.5	22.0	5.84
Abril	20.2	32.4	69	432	8.3	22.3	6.20
Mayo	21.1	31.9	74	345	7.7	21.2	5.44
Junio	20.6	30.2	83	345	7.0	19.8	4.47
Julio	19.8	29.8	82	432	7.3	20.4	4.61
Agosto	19.8	30.4	82	432	7.6	21.0	4.77
Septiembre	19.9	30.4	85	345	7.4	20.4	4.39
Octubre	19.5	29.6	85	345	6.9	18.6	4.00
Noviembre	18.0	29.0	83	345	7.2	17.6	3.84
Diciembre	16.8	28.5	80	432	7.5	17.2	4.00
Promedio	**19.0**	**30.2**	**79**	**410**	**7.6**	**19.9**	**4.77**

Fuente: Propia

El coeficiente de cultivo para el Tabaco máximo es de 1.10 en el periodo de mayor demanda de agua que corresponde a la fase de producción, en la zona de estudio y por ejemplo en una programación oportuna de riego basada en periodo antes mecionado, si por ejemplo se efectua siembra en el mes de enero, la mayor demanda corresponde al mes de abril, ya que han transcurrio para ese mes mas de 80 dia del cultivo establecido y esta demanda corresponde a una Etp de 6.21 mm/dia y para un Kc= 1.10

La siguiente tabla establece que el requerimiento hídrico del cultivo con metas a lograr el máximo rendimiento, depende de las condiciones climáticas y de la duración del período de crecimiento de la planta. En iguales condiciones y basados en estimaciones de valores de Kc ajustados localmente, se estimó un consumo hídrico promedio. Vease en tabla $N^{\circ}4$

Tabla 4

Tabla resumen del: Balance hídrico	
Requerimiento hídrico	Varía entre 400 y 600 mm
Consumo hídrico promedio	Varia entre 474 a 516 mm

Fuente: Propia

7.2.1. Diseño agronomico

Permite conocer las necesidades de agua en épocas en que el cultivo requiere mayor cantidad, y en función de ese valor se determinaran las dimensiones de los componentes de la instalación de riego. Es esencial que esta instalación sea capaz de suministrar la suficiente cantidad de agua al cultivo cuando sus necesidades sean máximas.

- ✓ **Determinacion de las necesidades hídricas del cultivo.**

Textura del Suelo: Franco Arcilloso Arenoso

%W = 37.98

C.c. = 26.20 %

P.M.P. = 14.16 %

Da = 2.04 gr/cm³

Hr = 30 cm

Ib = 5.9 mm/h

Eto = 6.21 mm/día (correspondiente al mes de abril)

Kc = 1.10

Ea = 90 %

Cu = 90 %

Frecuencia de riego = 1 día

Área total para el Cultivo = 1/4MZ =42m x 42m

Caudal neto disponible = 132 gpm

Por gravedad

Marco de Plantación

Sp = 0.3 m

Ss = 0.91 m

Ancho de calles = 1 m

Datos del Microaspersor

Modelo: SENNINGER 3/8’’M BSW.

Boquilla: Azul Claro (ø = 1.59 mm)

qm = 138.5 L/h

hm = 21.10 m

Diámetro de Mojado = 10.1 m

- ✓ **Norma Neta del Suelo**

  Nn=100×Da×(Cc-Lp)×H

  Nn = 100× $2.04 gr/cm^3 \times (37.98) \times 0.30 m$

  Nn =2,324.37$m^3/ha \cong 232.43 mm$

Esta es la cantidad de agua que debe aplicar un riego correspondiente al volumen de agua que dicho suelo puede almacenar entre el contenido de humedad en capacidad de campo y el contenido de humedad seleccionado como punto de partida para el riego.

- ✓ **Norma Bruta del Suelo**

  Nb = $\frac{Nn\ diseño}{Ef}$

  Nb = $\frac{232.43mm}{0.90\%}$

  Nb = 258.25mm

Se refiere a la cantidad de agua que debe reponerse al suelo en cada riego y corresponde al volumen de agua que dicho suelo puede almacenar, entre su capacidad máxima de retención y el nivel de humedad establecido como adecuado para el riego.

- ✓ **Norma Bruta del Cultivo**

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

  $Nb_{cultivo}$ = $\frac{6.21mm}{0.90\%}$

  $Nb_{cultivo}$ = 6.9mm

Corresponde a la cantidad de agua que debe ser aplicada a la unidad de riego, en los niveles que los cultivos puedan absorberla con facilidad, de acuerdo a sus requerimientos, asegurando su penetración y almacenamiento en la zona radicular.

- ✓ **Necesidades totales**

Nt = $\frac{Nn}{(1-k)Cu} = \frac{ETc}{(Ea \times Cu)}$

Nt = $\frac{6.83}{(0.90 \times 0.90)}$

Nt = 8.43mm/dia

Representa las necesidades totales es decir, la cantidad de agua que necesita el cultivo para su desarrollo en periodos de máximas necesidades. Es muy importante destacar que las necesidades totales de agua han de incrementarse como consecuencia de las pérdidas que puedan producirse por filtración profunda o percolación.

- ✓ **Necesidades Diarias por planta**

Npl = Nt× $Sp \times Ss$

Npl = 8.43mm/dia× $0.3m \times 0.91m$

Npl = 2.30mm

- ✓ **Área Mojada por Emisor**

$Ae = \frac{\pi * D^2}{4}$

Ae= $\frac{\pi * (10.1m)^2}{4}$

Ae=80.11m^2

- ✓ **Intensidad de Aplicacion (Ia)**

$$Ia = \frac{qm}{Ae}$$

$$Ia = \frac{138.5lph}{80.11m^2}$$

$$Ia = 1.72mm/hr$$

- ✓ **Plantas Regadas por Emisor**

Np = Ae × Numero de planta por m^2

Numero de planta por m^2= $\frac{1}{Sp \times Ss} = \frac{1}{0.3 \times 0.91} = 3.66plantas/m^2$

Np = 80.11m^2 × 3.66plantas/m^2

Np = 293.20 ≅ $293plantas$

Este es la cantidad de planta que un emisor puede regar para un diámetro de mojado de $80.11m^2$.

- ✓ **Dosis de Riego**

Dp = $\frac{Uc \times Ae}{Numero\ de\ planta\ por\ emisor}$

Dp = $\frac{6.21 \times 80.11}{293plantapor\ emisor}$

Dp = 1.69 Lt/planta/dia

Es la cantidad de agua que realmente debe suministrarse con el riego para compensar las diversas pérdidas de agua en el suelo.

- ✓ **Numero de Emisores por Planta**

Numero de emisores por planta = $\frac{1}{plantas\ regada\ por\ emisor}$

Numero de emisores por planta = $\frac{1}{293\ plantas}$

Numero de emisores por planta = 0.00341 emisores planta

- ✓ **Tiempo de Aplicación**

Ta = $\frac{Dp}{\#\ emisores\ planta \times qme}$

Ta = $\frac{1.86 \frac{Lt}{planta}/dia}{0.00341\ emisores\ planta \times 138.5\ Lt/hr}$

Ta = 3.58hr

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. El tiempo de riego utilizado para el diseño será el necesario para el periodo en el que las necesidades de agua son máximas, por lo que habitualmente el tiempo real de riego será menor.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los datos obtenidos del diseño agronómico realizado.

Tabla 5

Aspecto Agronomico del Riego	
Evapotranspiración de Referencia (Eto)	6.21mm/dia
Evapotranspiración del Cultivo (Etc)	6.82mm/dia
Norma Neta del Suelo (Nn)	232.43mm

Norma Bruta del Suelo (Nbs)	258..25mm
Norma Bruta del Cultivo (Nbc)	7.57mm
Nesecidades Totales (Nt)	8.41mm/dia
Nesecidades Diaria por Planta (Npl)	2.30mm
Area Mojada por Emisor (Ae)	80.11m2
Intencidad de Aplicación (Ia)	1.72mm/hr
Plantas Regadas por Emisor (Np)	293 planta
Dosis de Riego (Dp)	1.86lt/planta/dia
Numero de Emisores por Planta	0.00341 emisores planta
Tiempo de Aplicacion (Ta)	3.94hr/días
Marco de Plantación	
Separación entre Plantas	0.3m
Separación entre surcos	0.91m
Distribución de la Red según Marco de Plantación	
Separación entre Microaspersores sobre el Lateral	3m
Separación del primer Microaspersor en el Lateral	1.5m
Número de Microaspersores en cada Lateral	6
Separación entre Laterales sobre tubería Terciaria	3m
Separación del primer Lateral sobre la Terciaria	1.5m

Número de Laterales en Tubería Terciaria	14
Longitud de Tubería Conductora	268m
Longitud de Tubería Terciaria	21m
Longitud de Tubería Lateral	21m

Fuente: Propia

En la subunidad de riego, se ha establecido el marco de plantación para el cultivo de tabaco, dimensiones de 0.3 x 0.91 x 1 m correspondiente al distanciamiento entre plantas, hileras y ancho de calles respectivamente.

A partir de esto, se determinó el arreglo de los Micro aspersores que, según su diámetro de mojado, éstos pueden regar 293 plantas cada uno, con la condición de que la separación de los mismos sobre la línea de su respectivo lateral sea de 3 m, siendo también esta distancia la correspondiente a la separación entre laterales de riego.

La intensidad de aplicación del Microaspersor es de 1.72 mm/h inferior a la infiltración básica del suelo de 5.9 mm/h, que según el tiempo de riego ya establecido no se presentaran problemas de encharcamiento, escorrentía o infiltración profunda.

7.3. DISEÑO HIDRAULICO

En el diseño de un sistema de riego los cálculos hidráulicos se realizan posteriormente al diseño agronómico. En el diseño hidráulico se determina en primer lugar la subunidad de riego, donde se tiene en cuenta la tolerancia de presiones y caudales, perdidas de carga, diámetros de tuberías, etc. Posteriormente se diseña la unidad de riego, el trazado y diámetros de tuberías primarias y secundarias y el cabezal de riego.

En general se diseña de tal manera que las unidades de riego que constituyen una operación estén ubicadas en sectores separados a fin de equilibrar presiones y dividir los caudales para emplear menor diámetro en las tuberías.

- ✓ **Diseño de tubería lateral**

Ø = 16 mm (diámetro interno)

L = 21 m

Se = 3 m

l0 = ½ Se

fe = 0.11

F = 0.395

S = 1.8 %

hm = 21.10 m

qm = 138.5 lph = 0.0384 lps

n = 7 emisores

- ✓ **Caudal del lateral**

  ql = n x qm

  ql = 7 x 138.5lph

  ql = 969.5lph =0.269lps

Es la aportación de agua que pasa por los emisores y llega a la planta en forma de finas gota de lluvia la cual debe ser lo mas uniforme posible en todo los emisores.

- ✓ **Perdida de carga unitaria**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}\right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{0.269^{1.75}}{16^{4.75}}\right)$$

$$J = 15.12m/100m$$

- ✓ **Perdida de carga unitaria corregida**

$$J' = J \left[\frac{(Se + Fe)}{Se}\right]$$

$$J' = 15.12 \left[\frac{(3 + 0.11)}{3}\right]$$

$$J' = 15.67m/100m$$

- ✓ **Perdida de carga en el lateral**

$$hfl = J' \times F \times \left(\frac{L}{100}\right)$$

$$hfl = 15.67 \times 0.395 \times \left(\frac{21}{100}\right)$$

$$hfl = 1.29m$$

La pérdida de carga producida esta en el rango permisible lo que significa que se pueda aceptar el diseño, en otra sircunstancia se tendría que cambiar los diametro de la tuberia.

Presión a la entrada del lateral (hl)

$$hl = hm + 3/4hfl \pm 1/2\Delta EL$$

$$hl = 21.10 + \frac{3}{4(1.29)} + 1/2(1.8 \times (\frac{21}{100})$$

$$hl = 22.19m$$

Es la presión que requiere la red de distribución para su buen funcionamiento y distribución del agua en los emisores.

- ✓ **Presión mínima en el lateral (hn)**

$$hn = hl - (hfl + \Delta EL)$$

$$hn = 22.19 - [1.29 + \left(1.8 \times \left(\frac{21}{100}\right)\right)]$$

$$hn = 20.52m$$

- ✓ **Diferencia de presión ($\Delta \boldsymbol{hn}$)**

$$\Delta h = hl - hn$$

$$\Delta h = 22.19 - 20.52$$

$$\Delta h = 1.67m$$

Este valor cumple lo establecido sobre tolerancia de presiones lo que indica que se en cuentra en un régimen de presiones ya establecidas que indica Δhl = ΔHt = ½ ΔHs véase en anexo 2.4

Diseño de tubería terciaria

Ø = 40 mm (diámetro interno)

L = 21 m

Sl = 3 m

Fe = 0.02

l0 = ½ Sl

F = 0.371

S = 1.8 %

ql = 969.5 lph

N= 14 laterales

- ✓ **Caudal de la terciaria**

$qt = N \times ql$

$qt = 14 \times 969.5$

$qt = 13{,}573 lph \cong 3.770 lps$

Es el caudal que suministra de igual forma la tubería principal para que puedan funcionar los 14 laterales con los respectivos emisores.

- ✓ **Perdida de carga unitaria**

$$J = 7.89 \times 10^7 (\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}})$$

$$J = 7.89 \times 10^7 (\frac{3.770^{1.75}}{40^{4.75}})$$

$$J = 19.76 m/100 m$$

- ✓ **Perdida de carga unitaria corregida**

$$J' = J[\frac{Si + Fe}{Si}]$$

$$J' = 19.76[\frac{3 + 0.02}{3}]$$

$$J' = 19.89 m/100 m$$

- ✓ **Perdida de carga en la terciaria**

$$hft = J' \times F \times (\frac{L}{100})$$

$$hft = 19.89 \times 0.371 \times (\frac{21}{100})$$

$$hft = 1.54m$$

- ✓ **Presión al inicio de la terciaria**

$$ht = hl + 3/4hft \pm 1/2\Delta EL$$

$$ht = 22.19 + \frac{3}{4(1.54)} + 1/2(1.8 \times \frac{21}{100})$$

$$ht = 23.53m$$

Esta presión del agua es capaz de poner en marcha todos los microaspersores al mismo tiempo.

- ✓ **Presión mínima en la terciaria (hn)**

$$hn = ht - (hft + \Delta EL)$$

$$hn = 23.53 - [1.54 + \left(1.8 \times \left(\frac{21}{100}\right)\right)]$$

$$hn = 21.61m$$

- ✓ **Diferencia de presión ($\Delta \boldsymbol{h}$)**

$$\Delta h = ht - hn$$

$$\Delta h = 23.53 - 21.61$$

$$\Delta h = 1.92m$$

- ✓ **Diseño de la tubería conductora**

Para este diseño utilizamos el método de la velocidad permisible para encontrar el diámetro de la tubería. El caudal de la tubería conductora es el mismo de la tubería terciara ya que se regará por sectores y sabiendo que cada terciaria regará un sector.

Q = 3.770lps = 0.0037m³/s

V = 1.50 m/s

L = 268 m

D = √(4Q /πV) entonces: D = √(4∗0.0037/ π∗1.50)

Obteniendo: D = 0.056m = 56mm ≈ D = 68.56 mm o bien $2^{1/2"}$

- ✓ **Calculo de perdida unitaria (m/100m)**

$$J = 7.89 \times 10^7 (\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}})$$

$$J = 7.89 \times 10^7 (\frac{3.770^{1.75}}{68.56^{4.75}})$$

$$J = 1.52m/100m$$

- ✓ **Perdida de carga en la tubería conductora**

$$hfc = J \times L/100$$

$$hfc = 1.52 \times 268/100$$

$$hfc = 4.07m$$

Se considera que la perdida de carga permisible en la tubería de conducción debe ser igual o menor al 2% de la longitud lo que significa que el 2% de 268 equivale a 5.36, lo que da lugar a decir que 4.07 se acepta para este diseño.

- ✓ **Presión a la entrada de la conductora**

$$hc = ht + 3/4hfc \pm 1/2\Delta EL$$

$$hc = 23.53 + \frac{3}{4(4.07)} - 1/2(1.8 \times \frac{268}{100})$$

$$hc = 24.17m \cong 34.36psi$$

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los datos obtenidos del diseño hidráulico realizado.

Tabla 6

Aspecto Hidraulico del Riego.	
Lateral (PE)	
Longitud	21m
Diámetro	16mm
Terciaria (PVC SDR41)	
Longitud	21m
Diámetro	40mm
Conductora (PVC SDR41)	
Longitud	268m
Diámetro	68.56mm
Caudales en las Tuberías	
Lateral	969.5lph
Terciaria	13,573lph
Conductora	13,573lph
Régimen de Presiones	
Laterales	
Pérdida de Carga (hfl)	1.29m

Presión a la entrada (hl)	22.19m
Presión Mínima (hn)	20.52m
Diferencia de presión en la tubería (∆h)	1.67m
Terciarias	
Pérdida de Carga (Hft)	1.54m
Presión a la entrada (Ht)	23.53m
Presión Mínima (Hn)	21.61m
Diferencia de presión en la tubería (∆H)	1.92m
Conductora	
Pérdida de Carga (Hfc)	4.07m
Presión a la entrada (Hc)	24.17m

Fuente: Propia

- ✓ **Disposición De Las Tuberías Terciarias Y Conductora**

Las tuberías terciarias dividirán la parcela en dos partes iguales, obteniendo así las dos subunidades de riego.

La tubería conductora que abastecerá a las dos tuberías terciarias partirá desde la fuente de agua (pila) hasta el punto central de la parcela.

El riego será efectuado por sectores. Cada tubería terciaria regará un sector demandando un caudal de 3.770 lps o bien 59 gpm. Si regáramos los dos sectores de riego de una sola vez, el caudal requerido en la tubería conductora sería de 118 gpm (la sumatoria de los caudales de las dos tuberías terciaria del sistema), son inferior a los 132 gpm disponibles de la fuente (pila).

- ✓ **Requerimientos del equipo motobomba**

El equipo de Bombeo tiene como finalidad aspirar el agua desde la fuente de abasto e impulsarla a través del sistema, creando una determinada carga o presión necesaria para compensar las pérdidas de energía de las tuberías.

- ✓ **Calculo de la Altura Manometrica Total (Ht)**

Nivel Dinámico de bombeo (Ha) = -4 m

Altura geométrica de impulsión

hi = 1m (Elevación desde el eje de la bomba hasta el cabezal de riego.

- ✓ **Altura Manométrica Total**

$$H_t = Ha + hi + Hc + \sum hfloc$$

$$H_t = -4 + 1 + 24.17 + 1.472$$

$$H_t = 22.64m$$

Ésta es la presión efectiva que ha de vencer la bomba para elevar el agua desde su nivel más bajo hasta el punto de elevación más alto, y es un dato imprescindible para calcular la potencia necesaria del motor.

- ✓ **Potencia Absorbida por la bomba**

$$HPB = \frac{Q \times Ht}{76 \times Eb}$$

$$HPB = \frac{3.770 \times 22.64}{76 \times 0.75}$$

$$HPB = 1.49HP$$

- ✓ **Requerimientos de Potencia del Motor**

$$Pm(HP) = HPB(HP) \times margende\ seguridad(\%)$$

$$pm(HP) = 1.49 \times 1.20$$

$$pm(HP) = 1.78HP$$

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los datos obtenidos del sistema de bombeo.

Tabla 7

Equipo Motobomba	
Altura Manométrica Total o Carga Total Dinámica (HT)	22.64m
Potencia Absorbida por la Bomba (HPB)	1.49hp
Potencia del Motor (Pm)	1.78hp

Fuente: Propia

Se han determinado las dimensiones de los componentes del sistema de riego en relación con las variables hidráulicas para su funcionamiento, con el fin de aplicar el agua de la mejor forma posible.

Al equipo motobomba se le demanda una potencia de 1.78 Hp, valor relativamente bajo a saber que, el diseño es proyectado para un área pequeña (1/4 Mz) y que este tipo de riego localizado no requiere de presiones tan elevadas para el funcionamiento de sus emisores.

8. CONCLUSIÓN

1) De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis de suelo y comparado con los análisis de suelo realizados por Orlando Javier Sánchez Membreño en el 2018 estos suelos son aptos para el cultivo del tabaco debido a su textura franco-arcillosa arenoso.

2) La velocidad de infiltración del suelo corresponde a 5.9mm/h mayor que la intensidad de aplicación del microaspersor que es de 1.72 mm/h lo que indica que puede ser utilizado en este tipo de suelo.

3) Entre las necesidades hídricas del tabaco, la máxima demanda que presenta es de 6.82 mm/día, con un caudal mínimo de circulación en las tuberías de 4.26 gpm y como máximo de 8.52 gpm y una capacidad de fuente de agua de aproximadamente 132 gpm, suficiente para regar el área completa.

4) Con el diseño de este sistema se obtendrá una mejor explotación de los recursos, (agua, suelo, planta) ya que satisface las necesidades hídricas del cultivo lo cual conlleva a un mejor desarrollo de la planta y resivira el mismo tiempo de riego y a su vez la misma lámina de agua. Sin tomar en cuenta el periodo vegetativo del mismo.

5) El diseño hidráulico refleja que el sistema contará con una buena distribución de presiones en las tuberías, lo cual garantizara la distribución uniforme del agua realizándose así un mayor aprovechamiento del mismo brindándole a las plantas solamente la cantidad que estas necesitan.

9. RECOMENDACIONES.

1) Realizar muestras de suelo en otra área del terreno para garantizar que es un suelo apto para el cultivo de tabaco. de vido a que en el área que se había realizado el estudio de suelo para dicho proyecto dio como resultado que la densidad aparente es de $2.04 gr/cm^3$ lo cual nos indica que es un suelo compactado esto por que años atrás hera de uso ganadero, por lo que tendríamos que dar un excesos de labranza.

2) Tomar el presente estudio como referencia en el caso de la posible realización de un rediseño del sistema en caso de que se llegara a expandir el área cultivada.

3) Realizar, una vez instalado el sistema los mantenimientos necesarios y las evaluaciones periódicas con la finalidad de asegurarse el buen funcionamiento del mismo.

4) Realizar este estudio en otras áreas de producción de tabaco del país para determinar su comportamiento, tanto en calidad como rendimientos.

5) Continuar con trabajos en la parte hidráulica de los métodos de riego, ya que juegan un papel importante en la distribución de agua a los cultivos y se ven reflejados en el rendimiento de los mismos.

.

10. ANEXO.

11. Bibliografía

(s.f.). Obtenido de http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010/10/el-agua-en-el-suelo.html

Agricultura, I.-I. I. (08 de JUNIO de 2012). *GOOGLE.* Obtenido: http://webiica.iica.ac.cr/prensa/boletines/nicaragua/

Atlantica Agricultura Natural. (13 de mayo de 2013). Obtenido de http://www.agroes.es/agricultura/agua-riegos-regadios/314-agua-suelo-planta-perdidas-agua-agricultura

bachilleratoenlinea. (s.f.). Obtenido de http://www.bachilleratoenlinea.net/aula/mod/lesson/view.php?id=9348

Carreker, Sparrow, & Lonng. (1979). *Riego Loclizado y Fertiriego.*

Debourd. (1996). *El Riego.*

Doorenbos. (1997). *Sistema de riego por goteo con energía solar.*

Espinoza, M. K. (2012). *Diseño del sistema de riego por aspersion para el cultivo del platano.* Managua .

FAO. (26 de junio de 2006). Obtenido de htt://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/26/33002

FAO. (06 de 26 de 2006). Obtenido de htt://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO Training/General/*6706s06.htm

FAO. (26 de Junio de 2006). Obtenido de http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/

FAO. (03 de marzo de 2008). Obtenido de htt://www.fao.org/3/y4690s/4690s02.htm

geotecnia. (s.f.). Obtenido de http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010/10/el-agua-en-el-suelo.html

Gomez, R. F. (18 de febrero de 2007). Obtenido de https://www.monografias.com/trabajos93/guia-estudio-edafologia/guia-estudio-edafologia.shtml

Gómez, R. F. (2010). *Riego localizado.*

Inta. (08 de octubre de 2015). Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-articulo_riego_presurizado.pdf

Irritec. (4 de Septiembre de 2013). Obtenido de http://new.irritec.com/es-es/wp-content/uploads/sites/4/2013/09/Manual-Usuario-Sibercontrol.pdf

Javier, S. M. (18 de marzo de 2019). Obtenido de http//repositorio.una .edu.ni/id/eprint/3824

javier, s. m. (13 de enero de 2019). *google.* Obtenido de google: htt://repositorio.una.edu.ni./3824/

Jonathan Daniel Mayorga Mendoza, J. E. (2012). *Diseño e instalacion de un sistema de riego por microaspersion para el cultivo de platano variedad cuerno enano en la finca la porfia, municipio de malpaisillo, departamento de leon.* Managua.

Jonathan Daniell Mayorga Mendoza, J. E. (2012). *Diseño de sistema de riego por microaspersion para el cultivo de platano (musa sp), variedad cuerno enano en la finca la porfia ubicada en malpaisillo,departamento de leon.* managua,nicaragua.

Julieta, D. A. (2016). *Evaluacion del riesgo de erosion hidrica, su distribucion espacial y el efecto de la cobertura vegetal en el proceso erosivo, en la cuenca hidrografica del Rio Tunuyan superior(Mendoza).* Mendoza, Argentina.

Ledesma, F. M. (14 de julio de 2012). *Evaluación del efecto de distintos regimenes de riego como estrategia de riego deficitario controlado en tabaco (Nicotina Tabacum L.).* Argentina.

Mendez, J., & Lopez, L. (2011). *Guia de Practicas de Campo y Laboratorio de Fundamentos del Suelo.* Managua .

Merlos, I. S. (15 de junio de 2015). Obtenido de http://repositorio.unan.edu.ni//

Merlos, I. S. (2015). *Estructura Productiva.* Managua.

Merlos, I. S. (01 de junio de 2019). Obtenido de http://www.elnuevodiario.com.ni

Merlos, I. S. (s.f.). *google.*

Microasp. (24 de abril de 2012). *google.* Obtenido de google: http://www.oni.escuelas.edu.ar/2003/entre_rios/26/sisriego/microasp.htm

Novagric. (19 de julio de 2017). Obtenido de https://www.novagric.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-por-microaspersion

Ocampo, G. A. (2014). *Geologia .* Managua.

Perez, I. I., & Rodriguez, H. O. (2012). *Metodología de cálculo del diseño de un sistema de riego por aspersión aplicado al Cultivo del Maíz (Zea Mays L) en el Centro Experimental Agrícola de la "Facultad de Tecnología de la Construcción" propiedad de la Universidad Nacional de Ingeniería CEA-UN.* Managua.

Pérez, M. P. (2002). *Comportamiento de 3 variedades de tabaco (Nicotina tabacum L.) al sol en sartado en las condiciones edafoclimàticas de las tunas.* Cuba.

portalfruticola. (s.f.). Obtenido de www.portalfruticola.com

Randalph Guillermo Roblero Gonzales, C. J. (2011). *Evaluacion del sistema de riego por goteo en el cultivo de sandia de exportacion (citrullusianatus) en la finca el "rodeo" ubicada en la comunidad de san benito, municipio de tipitapa.* managua.

Sotelo, R. (06 de Marzo de 2013). Edafologia.

sotelo, R. (2015). cultivo. Managua.

Sotelo, R. (2015). cultivo. Managua.