



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
INGENIERÍA AGRÍCOLA

**ISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEÓ PARA CÍTRICOS
(NARANJA) EN LA FINCA OJO DE AGUA CON ENERGIA
RENOVABLE (SOLAR) EN EL MUNICIPIO DE “SAN FRANCISCO
LIBRE” DEPARTAMENTO DE MANAGUA.**

Trabajo Monográfico Elaborado por:

Br. Henry Antonio Díaz Ortiz
Br. José Mauricio Mercado Rodríguez

Como requisito para optar al título de:

Ingeniero Agrícola

Tutor:

Dr. Álvaro Aguilar Velázquez.

Managua, Nicaragua – 2012

Capítulo I

Generalidades

1.1 Introducción

El proyecto se realizara en la finca OJO DE AGUA que queda ubicada en San Francisco Libre municipio de Managua propiedad de la Asociación Carlos Fonseca Amador. en esta zona del país hay un clima muy cálido en dicha región predomina la ganadería y cuenta con una reserva forestal, donde se pretende promover el turismo así como introducir nuevos cultivos a la región. Por lo que se pretende hacer un diseño de sistemas de riego por goteo en un área aproximada de 3.5 haz, todo esto se hará con el uso de energía renovable a través de paneles solares, por lo que se deberá escoger la bomba mas optima.

A pesar de ser una zona rica en recursos naturales y que hace unos años atrás se habían introducido otros proyectos amigables con el medio ambiente, los beneficios en la reserva forestal han sido pocos debido a que no se les ha dado seguimiento a las gestiones con la municipalidad. Sin embargo se retomaron los esfuerzos para elaborar proyectos concretos.

Esto se está haciendo con ayuda de la Asociación Carlos Fonseca Amador que pretende en un futuro sea un centro de atracción turística, a la vez esta asociación pretende que estos proyectos sean un modelo de producción para otras comunidades aledañas al sitio y así mejorar su calidad de vida.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo General

- Diseñar un sistema de riego por goteo para cítricos (naranja) en la finca Ojo de Agua con energía renovable (solar) en el municipio de "san Francisco libre" departamento de Managua.

Objetivo Específicos:

- Realizar el diseño agronómico e hidráulico, del riego por goteo.
- Diseñar el equipo de bombeo del sistema
- Elegir el sistema fotovoltaico para el equipo de bombeo.

1.3 Antecedentes

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

En la finca donde se pretende diseñar el sistema de riego por goteo no se ha realizado ningún tipo de práctica agrícola o la introducción de riego a las áreas boscosas, ya que en la actualidad sigue siendo una reserva solo para fines turísticos. De manera que con la adopción de esta tecnología se podrá contribuir al desarrollo de las comunidades aledañas a la reserva y que exista un nuevo fondo de ingreso ala Asociación de Educación Popular Carlos Fonseca Amador (AECFA) cuyo objetivo está basado en capacitar a todas las personas a nivel nacional logrando con este proyecto, beneficiar a todas las familias involucradas.

Los suelos que corresponden a esta zona fueron cartografiados en el levantamiento de suelos de la región pacífica de Nicaragua (Catastro, 1971), a una escala de 1:20000 reportada como suelos de la serie Zambrano, el cual consiste en suelos profundos a moderadamente superficiales, bien drenados, que se han desarrollado de cenizas volcánicas que descansa sobre arcilla, toba parcialmente meteorizada.

1.4 Justificación

Los productores están usando el agua de una forma desordenada, sin ninguna especificación técnica que permita su distribución eficiente del recurso. Es un problema la falta de infraestructura de riego en el campo, ya que sus costos de mantenimiento son muy elevados (energía eléctrica convencional y/o combustible); y la energía renovable es una alternativa viable, ya que sus costos de mantenimiento son bastante sostenibles a pesar de su considerable inversión inicial.

Esta zona son tierras muy vulnerables a los desastres naturales como son las inundaciones porque después del huracán Mitch varias zonas productoras de alimentos básicos perdieron sus cosechas y se hace necesario experimentar con otras formas de producción más resistente a este tipo de desastre y de esta manera aumentar las condiciones de vida tanto económica social de este municipio.

De manera que al proponer un diseño de sistema de riego funcionando con paneles solares en cultivos de alta demanda, es una de las propuestas que más interesa, ya que es un proyecto amigable con el ambiente y puede garantizar un aumento en la productividad económica de la reserva.

La Asociación Carlos Fonseca Amador con este proyecto pretende que la población de este municipio tengan los conocimientos necesarios para que ellos puedan manejar de forma correcta el sistema de riego, además esta asociación promoverá el área turística para que así incrementen su economía y mejoren su estilo de vida.

1.5 Localización

1.5.1 Macrolocalización

El proyecto se macro localiza en la República de Nicaragua ubicada en el corazón de América, con un gran potencial de recursos naturales, se encuentra situado a aproximadamente 13 grados de latitud norte, lo que le da un potencial muy alto de aprovechamiento de energía solar.

Su superficie es de 130,668 km² de los cuales 9,240 corresponden a aguas continentales, principalmente en dos lagos el Nicaragua o Cocibolca (8,264 km²) y el Managua o Xolotlán (1,040 km²).

Mapa de Nicaragua



1.5.2 Microlocalización



El proyecto está ubicado en el municipio de San Francisco Libre a 79 Km de Managua, capital de la República. Se encuentra entre las coordenadas 12°30' latitud norte y 85°18' longitud oeste. Limita al norte con el municipio de Ciudad Darío (Dpto. De Matagalpa), al sur el Lago de Managua, al este con el municipio de Tipitapa, al oeste con el municipio de El Jicaral (Dpto. De León).

San Francisco Libre tiene una extensión territorial de 756 km² en la cual fluyen muchos afluentes de ríos que siguen sus aguas abajo desde el Río Maderas hasta con el estero San Antonio, y continúan aguas abajo hasta su desembocadura en el Xolotlán (Lago de Managua).

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Cultivo del cítrico (Naranja)

La naranja es una de las mejores frutas para hacer un sano y delicioso jugo. Aunque haya algunos otros empleos para las naranjas, su uso como jugo es lo que la hace tan popular en Nicaragua y en muchos otros países. Los nicaragüenses generalmente añaden azúcar al jugo, lo que puede hacerlo demasiado dulce para el paladar de algunos extranjeros. También la naranja se puede comer descascarada, y en algunos puntos del país se puede encontrar vendedores ambulantes que cargan instrumentos para descascarar la fruta inmediatamente y venderla lista para ser comida.

Las pulpa de naranja (a como todos los cítricos), son una fuente importante de vitamina C y minerales como el calcio y el fósforo. Aunque existen varias especies e híbridos de naranja producidas en el país, su fruto es siempre redondo, con una cáscara color verde en un inicio y color anaranjado o amarillo al sazonar y madurar. La pulpa es también color naranja cuando está lista para el consumo.

Los árboles de naranja son de tamaño mediano, poseen espinas y según la especie pueden producir de 500 a 1500 frutos por temporada.

Otro tipo de naranja consumida en Nicaragua es la conocida como 'Naranja Agria' (*citrus aurantium*). El fruto de naranja agria es similar al de su pariente dulce, pero su cáscara es rugosa y su sabor es bastante ácido. Se usa solamente como ingrediente en comidas y bebidas.

2.1.1 Origen

El naranjo dulce procede de las regiones surorientales de Asia, en concreto de la zona sureste de China y el archipiélago malayo. Su cultivo se realiza en el Sur de China desde hace miles de años, desde donde se extendió por todo el Sureste asiático. Posteriormente, se expandió tanto el naranjo dulce como el

naranja amargo por todo oriente por la ruta de la seda. Las naranjas dulces fueron muy apreciadas por su sabor (a pesar de que aún eran muy amargas) y por sus propiedades curativas. Los árabes introdujeron el naranja amargo en Europa por el sur de España en el siglo X, sin embargo, el naranja dulce no comenzó a cultivarse hasta los siglos XV-XVI. Los árabes la denominaron naranche, nombre derivado del término arangus con el que los persas se referían a esta fruta. En la segunda mitad del siglo XIX se descubrió en Bahía (Brasil) una naranja que era más dulce, jugosa y hermosa, sin pepitas y con un ombligo en el extremo opuesto al pedúnculo. Fue llevada a California, donde se convirtió años más tarde en la reina de las naranjas, la variedad conocida hoy como Navel Washington.

El cultivo de los cítricos se extendió desde Europa a Estados Unidos, donde hay áreas de cultivo florecientes en Florida y California; a Sudamérica, donde Brasil disfruta de la cuota más alta en el mercado mundial de naranjas y zumo de naranjas); a Sudáfrica y a ciertas partes de Australia. Actualmente, el naranja es uno de los frutales más extendidos por todo el mundo, siendo los principales países productores: Brasil, Estados Unidos, España (Valencia, Murcia, Sevilla y Huelva), Italia, México, India, Israel, Argentina y China.

2.1.2 Propagación

En teoría en los cítricos es posible la propagación sexual mediante semillas que son apomícticas (poliembriónicas) y que vienen saneadas. No obstante la reproducción a través de semillas presenta una serie de inconvenientes: dan plantas que tienen que pasar un período juvenil, que además son bastante más vigorosas y que presentan heterogeneidad. Por tanto, es preferible la propagación asexual y en concreto mediante injerto de escudete a yema velando en el mes de marzo, dando prendimientos muy buenos. Si se precisa

de reinjertado para cambiar de variedad, se puede hacer el injerto de chapa que también da muy buenos resultados. El estaquillado es posible en algunas variedades de algunas especies, mientras que todas las especies se pueden micropropagar, pero en ambos casos solamente se utilizarán como plantas madre para posteriores injertos.

2.1.3 Taxonomía y morfología

Naranja

- Familia: *Rutácea*.
- Género: *Citrus*.
- Especie: *Citrus sinensis* (L.) Osb.
- Porte: Reducido (6-10 m). Ramas poco vigorosas (casi tocan el suelo). Tronco corto.
- Hojas: Limbo grande, alas pequeñas y espinas no muy acusadas.
- Flores: Ligeramente aromáticas, solas o agrupadas con o sin hojas. Los brotes con hojas (campaneros) son los que mayor cuajado y mejores frutos dan.
- Fruto: Hesperidio. Consta de: exocarpo (flavedo; presenta vesículas que contienen aceites esenciales), mesocarpo (albedo; pomposo y de color blanco) y endocarpo (pulpa; presenta tricomas con jugo). La variedad Navel presenta frutos supernumerarios (omblico), que son pequeños frutos que aparecen dentro del fruto principal por una aberración genética. Tan sólo se produce un cuaje del 1%, debido a la excisión natural de las flores, pequeños frutos y botones cerrados. Para mantener un mayor porcentaje de cuajado es conveniente refrescar la copa mediante riego por aspersión, dando lugar a una ralentización del crecimiento, de forma que la carga de frutos sea mayor y de menor tamaño. El fenómeno de la partenocarpia es bastante frecuente (no es necesaria la polinización como estímulo para el desarrollo del fruto).

Existen ensayos que indican que la polinización cruzada incrementaría el cuaje, pero el consumidor no desea las naranjas con semillas. Algunos sufren apomixis celular (se produce un embrión sin que haya fecundación)

2.1.4 Composición química

Composición química del jugo de naranja, promedio por 100: potasa 36; sosa 13; cal 25; sales fosfóricas 9 al 1, sales de magnesio 8; sales de hierro 12 a 14; proteína 74; acidez cítrica 88; azúcares 8.28; calorías 42-44

La naranja contiene vitaminas A, B1 y C. En gran cantidad, D y G.

La naranja es una de las frutas más apreciada y altamente medicinal, un verdadero tesoro para nuestra alimentación.

Como ya lo sabemos, contiene muchas vitaminas, azúcar, ácido cítrico, celulosa, sodio, magnesio, hierro, fosfato y cal. Siendo la naranja un producto elaborado por la naturaleza, sus componentes son completamente asimilados por nuestro organismo, constituyendo por este motivo un inapreciable tónico vitalizado y depurativo general de nuestro organismo.

2.1.5 Variedades cultivadas

Grupo Navel: estas variedades se han adaptado muy bien a climas subtropicales y tienen en común que son frutos de gran tamaño, con un ombligo en la zona opuesta al pedúnculo, fáciles de pelar y carentes de pepitas. Como frutas frescas son de excelente calidad, pero no resultan adecuadas para elaborar zumos, pues les confieren un desagradable sabor amargo, aparte de que proporcionan menor cantidad de jugo que otras

variedades. El sabor amargo solo se aprecia cuando son exprimidas, ya que durante esta operación se desprende la limonina, compuesto responsable de ese amargor característico.

Grupo blancas: Producen frutos de formas esféricas achatadas o elipsoidales, de tamaño medio a grande y sin ombligo. Los frutos presentan coloraciones que van desde amarillo-naranja a naranja intenso. Algunas variedades tienen numerosas semillas, que a pesar de resultar un inconveniente para su consumo en fresco, son interesantes para producir zumo.

2.1.6 Propiedades nutritivas

De su composición nutritiva, destaca su escaso valor energético, gracias a su elevado contenido en agua y su riqueza de vitamina C, ácido fólico y minerales como el potasio, el magnesio y calcio. Este último apenas se absorbe por el organismo. Contiene cantidades apreciables de beta-caroteno, responsable de su color típico y conocido por sus propiedades antioxidantes; además de los ácidos málico, oxálico, tartárico y cítrico, este último potencia la acción de la vitamina C. La cantidad de fibra es apreciable y ésta se encuentra sobre todo en la parte blanca entre la pulpa y la corteza, por lo que su consumo favorece el tránsito intestinal.

La vitamina C interviene en la formación de colágeno, huesos y dientes, glóbulos rojos y favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones. La provitamina A o beta caroteno se transforma en vitamina A en nuestro organismo conforme éste lo necesita. Dicha vitamina es esencial para la visión, el buen estado de la piel, el cabello, las mucosas, los huesos y para el buen funcionamiento del sistema inmunológico. El ácido fólico interviene en la producción de glóbulos rojos y blancos, en la síntesis material genético y la formación anticuerpos del sistema inmunológico. El potasio es un

mineral necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso y para la actividad muscular normal, interviene en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula. El magnesio se relaciona con el funcionamiento de intestino, nervios y músculos, forma parte de huesos y dientes, mejora la inmunidad y posee un suave efecto laxante. Los ácidos málico y cítrico poseen una acción desinfectante y alcalinizan la orina.

2.1.7 Requerimiento edafoclimáticas

Es una especie subtropical. El factor limitante más importante es la temperatura mínima, ya que no tolera las inferiores a -3°C . No tolera las heladas, ya que sufre tanto las flores y frutos como la vegetación, que pueden desaparecer totalmente. Presenta escasa resistencia al frío (a los $3-5^{\circ}\text{C}$ bajo cero la planta muere). No requiere horas-frío para la floración. No presenta reposo invernal, sino una parada del crecimiento por las bajas temperaturas (quiescencia), que provocan la inducción de ramas que florecen en primavera. Necesita temperaturas cálidas durante el verano para la correcta maduración de los frutos.

Requiere importantes precipitaciones (alrededor de 1.200 mm), que cuando no son cubiertas hay que recurrir al riego. Necesitan un medio ambiente húmedo tanto en el suelo como en la atmósfera. Es una especie ávida de luz para los procesos de floración y fructificación, que tienen lugar preferentemente en la parte exterior de la copa y faldas del árbol. Por tanto, la fructificación se produce en copa hueca, lo cual constituye un inconveniente a la hora de la poda. Es muy sensible al viento, sufriendo pérdidas de frutos en precosecha por transmisión de la vibración.

Necesitan suelos permeables y poco calizos y un medio ambiente húmedo tanto en el suelo como en la atmósfera.

Se recomienda que el suelo sea profundo para garantizar el anclaje del árbol, una amplia exploración para una buena nutrición y un crecimiento adecuado.

Los suelos deben tener una proporción equilibrada de elementos gruesos y finos (textura), para garantizar una buena aireación y facilitar el paso de agua, además de proporcionar una estructura que mantenga un buen estado de humedad y una buena capacidad de cambio catiónico.

No toleran la salinidad y son sensibles a la asfixia radicular. En general la salinidad afecta al crecimiento de las plantas mediante tres mecanismos relacionados entre sí pero distintos

2.1.8 Manejo agronómico

2.1.8.1 Plantación

La distancia entre plantas está en función de las dimensiones de la maquinaria a utilizar y del tamaño de la copa adulta, que depende principalmente del clima, suelo y el patrón, por lo que, en la mayoría de los casos, habrá que comparar con situaciones ecológicas semejantes con el fin de tomarlas como referencia.

2.1.8.2 Fertilización

Demandan mucho abono (macro y micronutrientes), lo que supone gran parte de los costes, ya que frecuentemente sufre deficiencias, destacando la carencia de magnesio, que está muy relacionada con el exceso de potasio y calcio y que se soluciona con aplicaciones foliares. Otra carencia frecuente es la de zinc, que se soluciona aplicando sulfato de zinc al 1%. El déficit en hierro está ligado a los suelos calizos, con aplicación de quelatos que suponen una solución escasa y un coste considerable.

Otras consideraciones:

- No empezaremos a abonar hasta el inicio de la segunda brotación desde la plantación.
- A ser posible se abonará en cada riego. Se tendrá la precaución de no sobrepasar los 2 kilos de abono por m³ de agua de riego para evitar un exceso de salinidad.
- Abonar desde marzo hasta septiembre
- Los quelatos de hierro se aportarán en 2 ó 3 aplicaciones, especialmente durante la brotación de primavera. Es aconsejable aportarlos con ácidos húmicos.
- Sólo se indica el abonado en los 4 primeros años ya que posteriormente es aconsejable un asesoramiento técnico especializado que tenga en cuenta diversos factores como porte, producción esperada, variedad, pie, etc.

2.1.8.3 Riego

Las necesidades hídricas de este cultivo oscilan entre 6000 y 7000 m³/ha.

En parcelas pequeñas se aplicaba el riego por inundación, aunque hoy día la tendencia es a emplear el riego localizado y el riego por aspersión en grandes extensiones de zonas frías, ya que supone una protección contra las heladas.

Para que el árbol adquiriera un adecuado desarrollo y nivel productivo con el riego por goteo es necesario que posea un mínimo volumen radicular o superficie mojada, que se estima en un 33% del marco de plantación en el caso de cítricos con marcos de plantación muy amplios, como la mitad de la superficie sombreada por el árbol; aunque la dinámica de crecimiento radicular de los cítricos es inferior a la de otros cultivos, resulta frecuente encontrar

problemas de adaptación como descensos de la producción, disminución del tamaño de los frutos, amarillamiento del follaje y pérdida de hojas. Para evitar estos problemas hay que incrementar el porcentaje de superficie mojada por los goteros a un 40% de la superficie del marco ocupado por cada árbol, en marcos iguales o inferiores a 5 x 5.

Una alternativa es el riego por goteo enterrado, cuyos objetivos son optimizar el riego y mejorar la eficiencia de la fertilización nitrogenada, dando lugar a una disminución potencial de la contaminación. Con este sistema de riego se produce una reducción de la evapotranspiración del cultivo como consecuencia de la disminución de la pérdida de agua por evaporación y un mayor volumen de suelo mojado.

2.1.8.4 Poda

Es una especie que tiene hábito de formación en bola y de producción en la periferia, por lo que se intenta lobular las formas para aumentar la superficie que intercepta luz y así aumentar la producción. La poda de formación ha de ser muy suave cuando las plantas son jóvenes, para favorecer así la entrada en producción. Los árboles se forman con 3-4 ramas principales a unos 50-60 cm de suelo. La poda de formación es muy controvertida, ya que la cosecha disminuye de forma proporcional a la intensidad de poda debido a que como especie perennifolia acumula las reservas en ramas, brotes y hojas.

Debido a que los cítricos no tienen un órgano fructífero determinado, la poda se adapta bien a la mecanización y se suelen realizar el "toping" (cortes superiores con sierra) y el "hedging" (cortes oblicuos).

La forma de actuar en cada uno de los grupos de variedades en cuanto a la poda de fructificación es el siguiente:

-Grupo Navel: el objetivo es favorecer al máximo la fructificación en el interior de la copa, por lo tanto se eliminarán las ramas internas en cantidad suficiente para que pueden penetrar bien la luz y el aire. También se eliminarán las ramas laterales, procurando abrir al máximo la copa. La renovación de las ramas de producción es fundamental en las variedades de este grupo; se cortarán las ramas débiles y envejecidas.

-Grupo Blancas: la poda deberá realizarse eliminando aquellas ramas endurecidas, que tengan síntomas de agotamiento; así como aquellas que interfieran en una buena iluminación que llegue a afectar a la producción en el interior de la copa. Al tratarse de variedades propensas a la vecería, el año que hayan tenido una gran cosecha, los árboles estarán más agotados y una vez recogida esa gran cosecha la poda debe ser ligera. Al año siguiente la cosecha deberá ser normal y, si coincide con una floración excesiva, la poda será más severa.

-Grupo Sanguinas: la poda se limita a suprimir ramas mal dirigidas, resacas y ligeros aclareos que faciliten iluminación y aireación. Hay que respetar las ramas guía, pues facilitan una mayor salida de savia hacia el conjunto de las ramas que forman la copa del árbol.

Los beneficios de la poda no solo se centran en el aumento del tamaño del fruto, sino también en las mejoras que se producen respecto a la mayor efectividad en la aplicación de los productos fitosanitarios, en la recolección y en la regulación de la producción.

La poda de los cítricos supone un gran volumen de restos vegetales que hay que eliminar, siendo los métodos más utilizados, la extracción y quema, o el triturado e incorporación al terreno. En cuanto a la quema, se trata de una labor peligrosa así como agresiva desde el punto de vista medioambiental. El triturado e incorporación de los restos al suelo, se traduce en un ahorro en el abonado, una mejora en la estructura del suelo y una eliminación de los riesgos

inherentes a la quema de los restos de poda. Para triturar los restos de poda se vienen empleando mayoritariamente trituradoras rotativas de eje horizontal.

2.1.8.5 Cosecha

Las naranjas deben cosecharse con mucho cuidado para evitar golpes heridas u otros daños que afecten la calidad y su conservación, se recomienda el uso de equipo adecuado para efectuar esta labor tales como: saco de cosecha preferiblemente de lona con falso fondo, escalera de tijera (doble) tijera de podar. La fruta cosechada no se debe dejar expuesta al sol y colocarla sobre un manto seco para evitar la humedad del suelo. Para transporte al mercado se recomienda hacer uso de jvas plásticas que proporcionen suficiente aireación a la fruta.

Tiene lugar cuando la relación de sólidos solubles/acidez es de 8 o más y el color amarillo-naranja en al menos el 25% de la superficie del fruto, o una relación de sólidos solubles/acidez de 10 o más y el color verde-amarillo en al menos 25% de la superficie del fruto.

La recolección es manual y debe realizarse con alicates, evitando el tirón. Supone el 25% de los costes totales de la producción y emplea más del 50% de la mano de obra requerida en el cultivo.

Los envases empleados en la recolección son capazos o cajas de plástico con capacidad, siendo deseable protecciones de goma espuma y volcado cuidadoso. Una vez en los envases definitivos se cargan en camiones ventilados y se trasladan al almacén, procurando evitar daños mecánicos en el transporte.

2.1.8.6 Siembra

Se deben sembrar árboles injertados, libres de plagas y enfermedades, con buena unión del patrón y el injerto, de copa vigorosa, formada por 3-4 ramas bien distribuida y una buena formación del sistema radicular. Época de Siembra.-Si se tiene disponibilidad de riego se puede se puede sembrar en cualquier época del año; caso contrario, la época más adecuada es al inicio de la época lluviosa. Distanciamiento de Siembra, Generalmente, en plantaciones de Naranja se usa distanciamientos de 7 x 6 mts.; sin embargo este distanciamiento puede variar, dependiendo del tipo de suelo, topografía del terreno, riego, clima, criterio del productor. Sistema de Siembra.Los sistema de siembra comúnmente empleados son el rectángulo, cuadrado y el de tresbolillo, dependiendo principalmente de las condiciones topográficas del terreno y del manejo que se planifica implementar en cada caso.

2.1.9 Principales plagas

- **Minador de los cítricos** (Phyllocnistiscitrella)

Es un microlepidóptero de la familia Gracillariidae ataca a las hojas jóvenes debido a que la hembra realiza la puesta en los primordios foliares y básicamente en las hojas menores de 3cm. De longitud cerca del nervio central del as o del envés.

Le favorecen las temperaturas y humedades elevadas. Las plantas que más daño pueden sufrir son las plantas de vivero, las plantaciones jóvenes, las regadas con riego localizado, y aquellas variedades que tienen un amplio periodo de brotación. En los árboles adultos los daños son mucho menos importantes.

Control

El control tiende a realizarse según criterios de manejo integrado donde se combinan los medios culturales, la lucha química, la lucha biológica, llevando a cabo un seguimiento de la evolución de la plaga para intervenir en los momentos que resulte más efectivo y asequible.

El control químico debe planificarse para proteger las brotaciones más importantes, que contienen las flores de primavera y las de final de verano. El control químico se lleva a cabo cuando se observa 70 larvas en 100 hojas (0.7 larvas por hoja joven), y también se considera que tenemos daños importantes cuando el porcentaje de superficie foliar afectada en nuevas brotaciones es mayor del 25%. El control químico es difícil, debido que la plaga se desarrolla en brotes en crecimiento; lo que hace que la persistencia de los productos sea baja ya que la plaga puede seguir desarrollándose en las hojas que aparecen después del tratamiento. Hacer aplicaciones de:

Materia activa	Dosis (%)
Abamectina	0.02
Carbosulfan	0.10
Metilpirimifos	0.20

- **Pulgones** (Aphispiraecola, A. Gossypii, A. Citricola, Toxopteraaurantii,)

El daño que causan consiste en la sustracción de linfa que provoca el debilitamiento de la planta solo en caso de infecciones masiva, que es cuando se produce una gran emisión de melaza acompañada del acortamiento de las hojas.

Su agresividad y capacidad para transmitir ciertas virosis como el CTV, hacen que esta plaga sea potencialmente peligrosa. Su dependencia de factores

ambientales y la presencia de enemigos naturales hacen que en algunos casos la incidencia sea menor.

En cualquier caso el comportamiento errático de la plaga en condiciones adversas (elevadas temperaturas y ambientes secos), hace muy difícil su predicción sobre la posible virulencia del ataque.

Control

Desde hace tiempo se han venido utilizando diferentes métodos de muestreo (trampas de distintos tipos, muestreos indirectos, conteos directos), para determinar la fauna afídica de los cítricos y su composición numérica, destacando entre ellos las trampas amarillas de agua.

Las materias activas empleadas en el control de pulgones deben tener el menor impacto posible sobre las poblaciones de ácaros Fitoseidos, ya que estos tienen un control biológico eficaz sobre las poblaciones de pulgones en cítricos.

2.1.10 Principales enfermedades

- **Nematodo de los cítricos** (*Tylenchulus semipenetrans*)

Produce una enfermedad conocida como decaimiento lento de los cítricos y limita la producción en condiciones edáficas y medio ambientales muy variadas. Esta enfermedad se desarrolla gradualmente y comienza con una reducción en el número y tamaño de los frutos, pero que rara vez llega a ocasionar la muerte del árbol. La reducción de la cosecha puede estar entre un 15 a 50%, un ataque fuerte significa pérdida total de la cosecha.

Esta enfermedad puede estar causada además por la asociación de *Tylenchulus semipenetrans* con otros patógenos del suelo, como hongos del género *Phytophthora* spp. o *Fusarium*.

La principal vía de infección es a través de las poblaciones de huevos, que pueden estar en estado de quiescencia hasta 10 años en el suelo y son transportados por acarreo de suelo, el agua de riego y el material vegetal de plantación procedentes de viveros cultivados sobre suelo directo

Control

Uso de patrones resistentes como *Citrus melowingle* y el *Poncirus trifoliata*.

El valor umbral para recomendar el uso de nematicidas es de más de 1000 hembras por

10 gramos de raíces secundarias y una densidad superior a 20 juveniles / cm.³.

El control biológico de este nematodo se produce de forma natural por numerosos organismos antagonistas: hongos, bacteria, artrópodos y otros nemátodos depredadores. Estos antagonistas son muy frecuentes en las plantaciones de cítricos pudiendo reducir las densidades de población del nematodo hasta en un 30%.

- **Virus de la tristeza de los cítricos o citrus tristeza virus (CTV)**

El virus de la tristeza de los cítricos es el causante de la enfermedad viral más grave de los cítricos. El daño más evidente es el decaimiento y muerte de los árboles injertados sobre naranjo amargo y clorosis nervial y acanaladuras en la madera. El virus causa la muerte de las células del floema en el naranjo amargo produciendo un bloqueo de los tubos conductores de savia elaborada a nivel de la línea de injerto.

El decaimiento lento comienza con una clorosis progresiva de las hojas y seca de las ramillas en la parte exterior de la copa. Las nuevas brotaciones son cortas y tienen lugar en las ramas viejas dando lugar a una disminución progresiva del volumen de la copa. La producción de frutos es menor y éstos son de tamaño reducido y color más pálido que los frutos de árboles sanos. Otro síntoma es la formación de orificios visibles en la cara cambial de la corteza, en los que suele observarse una zona de color pardo debajo de la línea de injerto; este síntoma no suele ser apreciable en árboles recientemente infectados.

La identificación por CTV por síntomas en campo no es segura, además la ausencia de síntomas no implica que el virus no esté presente ya que este puede albergarse en plantas tolerantes. Los síntomas producidos por CTV son muy variables dependiendo de las cepas del virus y de la combinación variedad/patrón infectada.

El vector más eficaz de la enfermedad es el pulgón pardo de los cítricos (*Toxoptera citricida*). No obstante, el aumento de las poblaciones del pulgón del algodón (*Aphis gossypii*) o la introducción de *T. Citricida*, presentan un riesgo grave para muchas citriculturas en las que todavía son mayoritarias las plantaciones sobre naranjo amargo.

Control

-El uso de variedades libres de virus injertadas sobre patrones tolerantes a la tristeza. La técnica de inmunopresión directa-ELISA en vivero, combinado con el cultivo de plantas madre bajo malla anti-pulgón, permite la producción de plantas libres de CTV en países en los que el virus está presente. La técnica ELISA es actualmente utilizada en todos los países citrícolas con los anticuerpos monoclonales españoles 3DF1 y 3CA5. Estos anticuerpos son los únicos que en mezcla, son capaces de reconocer a cualquier aislado de CTV.

-Programas de erradicación y de disminución de inóculo, estudios epidemiológicos, controles en frontera o en cuarentena y el análisis rutinario de CTV en la producción de plantas en vivero.

2.1.11 Control de maleza

Es una práctica agrícola de mucha importancia después del trasplante y durante el desarrollo del cultivo. El control puede ser manual, químico y cultural.

El laboreo del suelo está dirigido a la eliminación de las malas hierbas, a airear las capas superficiales del suelo, a incorporar fertilizantes o materia orgánica, a aumentar la capacidad de retención de agua y a preparar el riego cuando se realiza por inundación. El laboreo del suelo se efectúa varias veces al año (3-4), comprendidas entre los meses de marzo y septiembre con motocultores de pequeña potencia, o con tractores de tipo medio; manteniendo el suelo con cubierta vegetal el resto del año.

Control manual. Se efectúa mediante placeados periódicos alrededor de la planta.

Control químico. Mediante aplicaciones de herbicidas según el tipo de malezas presente en la plantación. Para el control de gramíneas de difícil control y/o Coyolillo puede aplicarse

Control cultural. El cual consiste en el uso de Leguminosas como cobertura, que además mejora la textura del suelo y le incorpora importante cantidad de Nitrógeno.

Otra práctica es efectuar el laboreo del suelo en primavera con el fin de incorporar fertilizantes, seguido de un tratamiento con herbicida residual y tratamientos de contacto o traslocación cuando y donde sea preciso.

El semi-no laboreo, con cubierta vegetal en invierno y suelo desnudo en verano, aplicando herbicidas a todo el campo o en rodales está muy extendido.

2.2. Principio básico de la electricidad fotovoltaica

El fenómeno fotovoltaico fue descubierto en 1839 y las primeras celdas solares de selenio fueron desarrolladas en 1880. Sin embargo, no fue sino hasta 1950 que se desarrollaron las celdas de silicio monocristalino que actualmente dominan la industria fotovoltaica. Las primeras celdas de este tipo tenían una eficiencia de conversión de solo 1%; ya para 1954 se había logrado incrementar la eficiencia al 6% en condiciones normales de operación, mientras en el laboratorio se lograron eficiencias cercanas a 15%. Las primeras aplicaciones prácticas se hicieron en satélites artificiales. En 1958 fueron utilizadas para energizar el transmisor de respaldo del Vaguard 1, con una potencia de cinco miliwatts.

2.2.1 Energía fotovoltaica.

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene por medio de la transformación directa de la energía del sol en energía eléctrica.

Esta definición de la energía solar fotovoltaica, aunque es breve, contiene aspectos importantes sobre los cuales se puede profundizar:

- **La energía solar se puede transformar de dos maneras:**

La primera utiliza una parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir calor. A la energía obtenida se le llama energía solar térmica. La transformación se realiza mediante el empleo de colectores térmicos.

La segunda, utiliza la otra parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir electricidad. A la energía obtenida se le llama energía solar fotovoltaica. La transformación se realiza por medio de módulos o paneles solares fotovoltaicos.

La energía solar fotovoltaica se utiliza para hacer funcionar lámparas eléctricas, para iluminación o para hacer funcionar radios, televisores y otros electrodomésticos de bajo consumo energético, generalmente, en aquellos lugares donde no existe acceso a la red eléctrica convencional.

Es necesario disponer de un sistema formado por equipos especialmente contruidos para realizar la transformación de la energía solar en energía eléctrica. Este sistema recibe el nombre de sistema fotovoltaico y los equipos que lo forman reciben el nombre de componentes fotovoltaicos. En el Capítulo 2, se explica el funcionamiento básico y las características más importantes de cada uno de los componentes del sistema fotovoltaico.

La energía solar se encuentra disponible en todo el mundo. Algunas zonas del planeta reciben más radiación solar que otras, sin embargo, los sistemas fotovoltaicos tienen muchas aplicaciones. En el caso particular de América Central, los sistemas fotovoltaicos son una alternativa muy interesante, desde las perspectivas técnica y económica, pues la región dispone durante todo el año de abundante radiación solar.

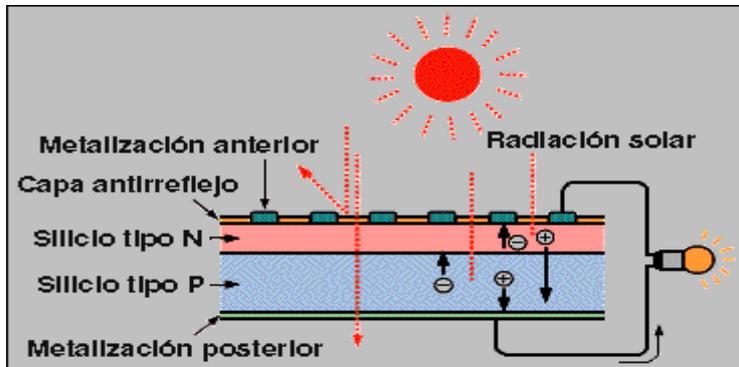
Según las clasificaciones de la intensidad de la radiación solar en diferentes regiones del mundo, América Central es una región muy privilegiada con respecto del recurso solar disponible, aunque siempre es necesario evaluar el

potencial solar de un sitio específico donde se planea instalar un sistema fotovoltaico.

La energía del sol es un recurso de uso universal; por lo tanto, no se debe pagar por utilizar esta energía. Sin embargo, es importante recordar que para realizar la transformación de energía solar en energía eléctrica se necesita de un sistema fotovoltaico apropiado. El costo de utilizar la energía solar no es más que el costo de comprar, instalar y mantener adecuadamente el sistema fotovoltaico.

Y la obtenemos de la siguiente manera: La producción está basada en el fenómeno físico denominado "efecto fotovoltaico", que básicamente consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de unos dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas. Estas células están elaboradas a base de silicio puro (uno de los elementos más abundantes, componente principal de la arena) con adición de impurezas de ciertos elementos químicos (boro y fósforo), y son capaces de generar cada una corriente de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Voltios, utilizando como fuente la radiación luminosa. Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado. Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión (rebota) y otra parte por transmisión (atraviesa la célula). El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a la otra creando una corriente proporcional a la radiación incidente. La capa antirreflejo aumenta la eficacia de la célula.

- **Efecto fotovoltaico en una célula solar**



2.2.2 Características de los elementos que forman un sistema fotovoltaico

2.2.2.1 Paneles solares

La corriente y potencial de salida de un módulo fotovoltaico o panel solar es aproximadamente proporcional a la intensidad de la luz que este capta. A una intensidad de luz determinada, el voltaje y la corriente de salida de un panel solar se obtienen por las características de la carga. Si la carga es una batería, la resistencia interna de esta determina el voltaje de operación de nuestro panel.

El módulo fotovoltaico, el cual presenta en sus datos técnicos un voltaje de 17 V DC, tendrá un voltaje de salida menor a ese, cuando se conecta a una batería. Es por eso que el voltaje funcionamiento del módulo estará realmente entre 12 y 15 V DC. Como la potencia depende del voltaje y la corriente del módulo tendrá una potencia de salida menor a la indicada en él.

Los datos usualmente encontrados en un panel solar son: voltaje de circuitos abiertos (V_{oc}), corriente de corto circuito (I_{sc}), y la potencia máxima (P_{max}).

Un fenómeno muy importante a mencionar es la sombra. Los paneles solares son muy sensitivos a la sombra; la leve sombra de un árbol hará que la corriente decaiga rápidamente, el voltaje también decaerá, pero no tanto como la corriente.

Cuando una celda fotovoltaica o una porción de la misma son cubiertas por cualquier sombra, esta celda es una carga para el panel solar, consumiendo así energía en vez de producirla.

2.2.2.2 Controladores

Existen muchos tipos de controladores, pero esencialmente realizan la misma función. Un controlador de carga es un dispositivo de protección para las baterías evitando que éstas sean dañadas a sobrecarga y descargas rápidas, las cuales reducen su vida útil. Los controladores simples contienen un relay el cual abre el circuito cuando se alcanza el voltaje deseado en la batería y cierra el circuito cuando el nivel del voltaje de la batería ha disminuido debido a su uso, de tal manera que cuando se cierre el circuito el panel producirá una corriente que vuelva a cargar la batería.

Por otra parte, los controladores más sofisticados contienen varias etapas y secuencias de cargas para asegurar que la batería sea completamente cargada.

2.2.3 Sistemas de bombeo de agua solar

Las bombas alimentadas por paneles fotovoltaicos (FV) suministran una alternativa válida a los motores que usan combustible, molinos de viento y bombas manuales. Estas son más productivas en clima soleado, cuando la necesidad de agua es mayor.

Ninguna técnica de bombeo por sí sola es adecuada para uso en todas las aplicaciones existentes. Cada tipo de bomba tiene su propia utilidad. Las bombas solares son especialmente útiles para demandas de agua media, como pequeños poblados de 100 a 1000 habitantes, y para necesidades agrícolas de irrigación moderadas

Los sistemas de bombeo solar tienen muchas ventajas dentro de las cuales están: poco mantenimiento, limpieza, no necesita combustible, fácil de instalar, confiables de larga durabilidad, funciona sin supervisión, pocos costos repetitivos, sistemas modular flexible que se adapta exactamente a lo necesario. Dentro de las desventajas tenemos que la inversión de capital relativamente alta, y menor producción en clima de alta nubosidad.

Las bombas de agua solares están especialmente diseñadas para usar energía eléctrica directa generada por los paneles FV. Estos deben trabajar en condiciones de luz baja a potencia reducida, sin decaer o sobrecalentarse. Las bombas de baja capacidad usan mecanismo de desplazamiento positivo (volumétrica) sellan el agua en las cavidades y la impulsan.

Las bombas centrífugas se usan en donde se requieren mayores volúmenes.

2.2.4. Tanques de almacenamiento.

Los tanques de almacenamiento se usan como depósitos para contener una Reserva suficiente de algún producto para su uso posterior y/o comercialización. Los Tanques de almacenamiento, se clasifican en:

1. Cilíndricos horizontales.

2. Cilíndricos verticales de fondo plano.

Los tanques cilíndricos horizontales, generalmente son de volúmenes relativamente bajos, debido a que presentan problemas por fallas de corte y flexión.

Por lo general, se usan para almacenar volúmenes pequeños. Los tanques cilíndricos verticales de fondo plano nos permiten almacenar grandes cantidades volumétricas

Con un costo bajo. Con la limitante que solo se pueden usar a presión atmosférica

2.2.4.1 Torre y tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento de agua se instalará sobre una torre metálica a 13 metros de altura, esta presentará las siguientes características técnicas.

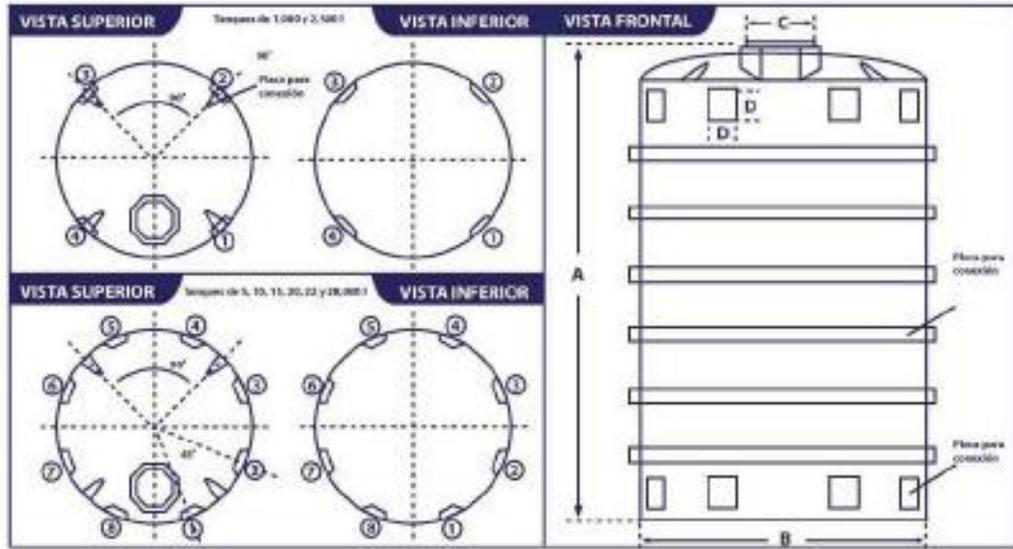
Torre metálica:

- Torre metálicas con cinco (5) elementos soportes de carga de tubo galvanizado de 2".
- Estructura armada entre sí con tubos galvanizados de 1/2", 3/4" y varilla sólida de 5/8" para tensores.
- Estructura superior para soportar fondo del tanque.
- Lámina negra de 1/16" en forma octogonal con armazón de angulares de 2" x 1/8".
- Escalera de acceso hasta la tapa del tanque, con peldaños de tubo HG 1/2" x 25 cm de largo.
- Estructura para evitar desplazamiento del tanque, constituida con hierro 3/8" alrededor del tanque soldado a la estructura superior.
- Pintura de láminas, angulares y puntos de uniones soldadas, se aplica pintura anticorrosiva y aceite.

Beneficios de Tanques Rotoplas

- Almacenan agua, pigmentos, pulpas, licores y más de 300 sustancias químicas como ácidos, cloruros y fosfatos
- Descarga total y controlada
- Fabricados con HDPE, 100% virgen de una sola pieza
- No se oxidan, ni corroen
- Ligeros y fáciles de transportar
- No requieren mantenimiento
- Muy resistentes a sustancias altamente corrosivas y densas
- Fáciles de reparar
- Grado alimenticio
- Servicio técnico
- Garantía de 3 años

Tanques de Almacenamiento



Ficha Técnica

TANQUES DE ALMACENAMIENTO				
DESCRIPCIÓN	A	B	C	D
TAN-1000 l	1.36 m	1.10 m	18"	0.15 m
TAN-2500 l	1.76 m	1.55 m	18"	0.20 m
TAN-4000 l	2.17 m	1.75 m	18"	0.20 m
TAN-5001 l	2.18 m	1.83 m	18"	0.20 m
TAN-5000 l	1.77 m	2.20 m	18"	0.20 m
TAN-10000 l	3.10 m	2.20 m	18"	0.20 m
TAN-15000 l	3.80 m	2.40 m	18"	0.20 m
TAN-22000 l	3.52 m	3.00 m	18"	0.20 m
TAN-25000 l	3.90 m	3.00 m	18"	0.20 m

2.3 Riego

2.3.1 Generalidades del riego por goteo

El riego por goteo es un riego localizado de alta frecuencia (RLAF) que se caracteriza por dos hechos fundamentales: la localización y la alta frecuencia.

La localización consiste en que solo se humedece parte del volumen del suelo y se pretende que las raíces obtengan de ese volumen el agua y los nutrientes que necesitan. El resto del suelo prácticamente no se aprovecha. Es por esta razón que no es tan fácil aumentar las producciones con marcos de plantaciones más densos que los tradicionales para aprovechar esa parte no utilizada del suelo ya que las limitaciones no están en el suelo sino en la competencia por la luz o en la exigencia de espacios libres para las labores.

El efecto de la localización se manifiesta en modificar la evaporación y la transpiración, la distribución de las raíces, en un régimen especial de las sales, etc. Además la localización el riego casi obliga a que este se aplique con alta frecuencia: el volumen del suelo mojado es reducido y por tanto la capacidad de almacenamiento es baja, por lo que hay que aplicar dosis reducidas de riego, y para satisfacer las necesidades de los cultivos con estas pequeñas dosis se debe aplicar con alta frecuencia.

A su vez la alta frecuencia del riego tiene una consecuencia importante en el régimen de la humedad: el suelo se mantiene constantemente a una humedad elevada, lo que afecta la absorción de agua, concentraciones de sales, aireación, etc.

Es un sistema que se caracteriza por aplicar el agua utilizando caudales no mayor a los 20 l/h punto de emisión o metro lineal de manguera de goteo.

2.3.2 Características principales del riego por goteo

Un sistema de riego por goteo consta de las siguientes partes:

- Tubería principal que es la que conduce el agua hasta el sistema.
- Filtro: que tiene como función eliminar las partículas que trae el agua en suspensión y así evitar en cierta medida un mayor deterioro de los goteros.
- Tubería maestra: es la tubería que abastece de agua a las tuberías laterales. Las maestras atraviesan el campo de riego perpendicularmente a la dirección de las hileras del cultivo.
- Tubería laterales: es la tubería que se pone en la dirección de las hileras del cultivo y que abastece de agua a los goteros.
- Goteros: es el equipo encargado de distribuir el agua en el terreno. Existen dos tipos de gotero: regulables y no regulables . Los primeros tienen un dispositivo que permite regular el gasto dentro de un determinado rango; los segundos entregan un gasto fijo en función de la presión en la que están sometidos.
- Las tuberías y los goteros son de PVC y polietileno.

2.3.3 Ventajas y desventajas del riego por goteo.

Ventajas:

- Incremento de la producción
- Uso eficiente del agua de riego; el agua se aplica directamente a las raíces lo que evita perdidas por evaporación.
- El agua no toca el follaje evitando problemas de enfermedades fungosas.
- No existe interferencia a causa de los vientos como en el sistema de riego por aspersión.

- Incorpora los fertilizantes en el agua de riego de manera uniforme en concentraciones bajas de acuerdo a las necesidades del cultivo.
- Eliminaciones de pérdidas en las conducciones y las ocasionadas por percolación profunda y escorrentía superficial.
- Mantiene un nivel alto de humedad en el suelo con un volumen bajo de aplicación
- Utiliza pequeños caudales a baja presión.
- Existe notable ahorro de mano de obra ya que generalmente estos sistemas son automatizados o semi automatizados lo que reduce los costos de operación del sistema.
- Presenta una alta eficiencia en la aplicación del riego 80-90% de eficiencia.
- Aumento del área cultivada con un mismo caudal (hidromódulo es menor)
- Ahorro de energía; menor carga total dinámica.
- Mejor labor agrícola en el control de malezas ya que el agua no llega a toda la superficie del terreno, por lo tanto estas no tienen condiciones para desarrollarse.
- Mejor aprovechamiento del agua de lluvia por las plantas, pues están fisiológicamente activas y no estresadas,

Desventajas

- Alta inversión inicial del sistema dependiendo del cultivo y del grado de automatización requerido.
- Facilidad de producirse obstrucciones en los emisores debido a las características de este.
- No puede haber interferencia del riego dado que la aplicación s de alta frecuencia.
- Las mangueras enterradas pueden ser atacadas por roedores.

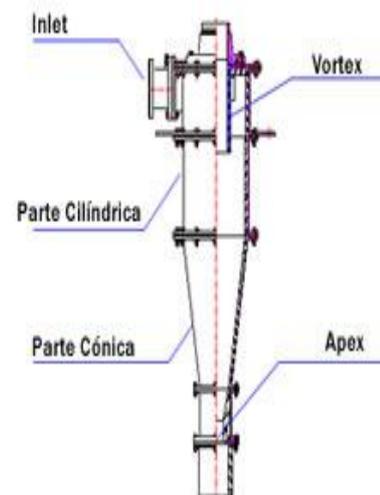
- En las zonas de escasas lluvia pueden haber problemas de salinidad.
- Requiere que los usuarios tengan el conocimiento necesario en el manejo adecuado del equipo instalado.
- El desarrollo radicular de las plantas se ve limitado por que este sistema normalmente humedece una parte del suelo alrededor de cada emisor.

2.3.4 Sistema de filtrado:

a. Filtro Hidrociclón

El hidrociclón consiste de una parte cónica seguida por una cámara cilíndrica, en la cual existe una entrada tangencial para la suspensión de la alimentación (*Feed*). La parte superior del hidrociclón presenta un tubo para la salida de la suspensión diluida (*overflow*) y en la parte inferior existe un orificio de salida de la suspensión concentrada (*underflow*). El ducto de alimentación se denomina *inlet*, el tubo de salida de la suspensión diluida se denomina *vortex*, y el orificio de salida del concentrado se denomina *ápex*.

Figura 6: Hidrociclón



b. Filtro de Malla

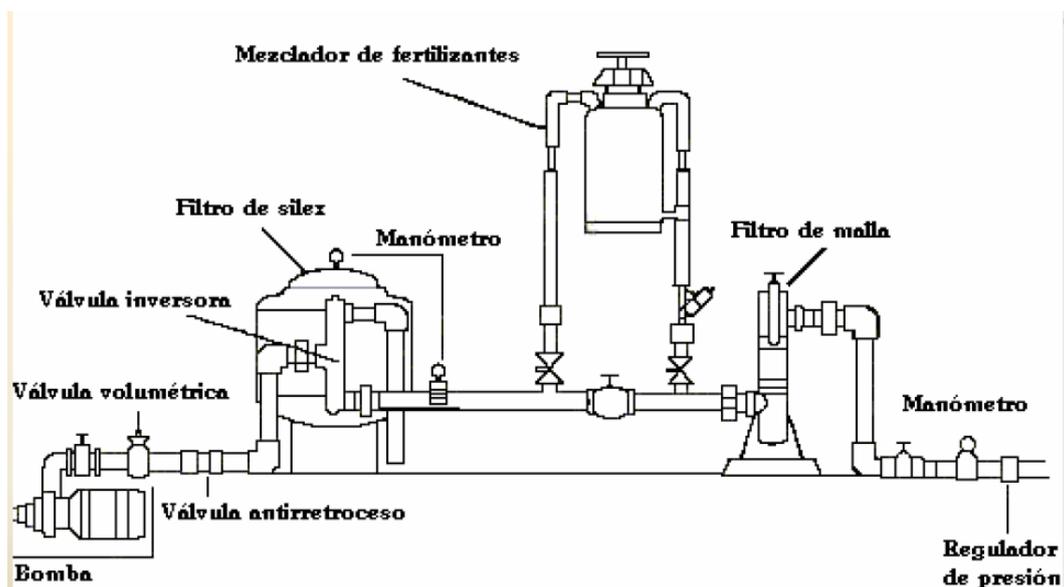
La gran variedad de filtros de malla disponibles incluyen versiones manuales y automáticas. Los modelos manuales se

Figura 7: Filtro de Malla



utilizan como filtración secundaria, mientras que los automáticos se utilizan como filtración primaria con aguas de buena a media calidad. Vienen en medidas $\frac{3}{4}$ " a 14" y pueden ser provistas en unidades simples o formando baterías. La instalación es simple dado que los modelos pueden ser en línea, modulares o en ángulo.

Figura 7: Componentes del Equipo de Riego.



CAPITULO III: CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA

3.1. Características climatológicas

Los datos climatológicos de la zona fueron obtenidos por la estación de San Francisco Libre del INETER (ver ANEXO II: TABLAS UTILIZADAS). Para el cálculo de la evapotranspiración, que se utilizará en el uso consultivo del cítrico (Naranja) en diferentes épocas del año, lo cual va a caracterizar el clima, o en otras palabras las condiciones y fenómenos meteorológicos.

Un parámetro muy importante a tomar en cuenta al momento de realizar un estudio para cualquier cultivo, es el clima; ya que este puede condicionar de manera significativa la programación del riego y el éxito o fracaso de los rendimientos de una producción agrícola. Por tal razón se hace necesario conocer la relación entre el suelo – planta – agua – atmosfera y particularmente los elementos que componen el clima.

Dentro de los elementos que componen el clima y que tienen incidencia directa sobre el cultivo tenemos: precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, evaporación e insolación.

Los elementos climáticos utilizados fueron tomados de la estación de san francisco libre, la cual se encuentra a una elevación de 50 msnm y presenta latitud de 12° 29` 54" N y longitud 86° 16`54" W.

El clima de la zona se caracteriza por presentar una estación lluviosa de seis meses, de mayo a octubre, con un período de baja precipitación en los meses de julio y agosto (canícula) y altas precipitaciones entre septiembre y octubre. El período seco se presenta de noviembre a abril. Las temperaturas medias se comportan altas durante todos los meses del año, presentando una media anual de 28 °C, siendo los meses de mayor temperatura marzo, abril y mayo, y los de menor temperatura en noviembre y diciembre.

La precipitación varía de 1100 a 2400 mm/año, la evaporación anual es de 3.2 mm y la humedad relativa del 77%.

La media mensual mínima de insolación corresponde al mes de junio es de 149.03 y la máxima corresponde al mes de marzo de 260.33. En el área se producen vientos con velocidades de 40 km/h hasta 106 km/h. Notándose las máximas intensidades en los meses de enero a abril y las menos intensas entre agosto y noviembre.

Temperatura (T):

La temperatura tiene el carácter de factor limitante para el cultivo de los cítricos, ya que influye en el crecimiento vegetativo y en la producción o desarrollo de la fruta. Los límites entre los cuales se produce actividad vegetativa, corresponden a los 13 °C como límite inferior y los 39 °C.

La naranja trifoliada es la especie más resistente al frío, mientras que el pomelo lo es al calor. En general las temperaturas óptimas se encuentran entre los 20 y 30 grados centígrados. La temperatura incide en los siguientes aspectos del cultivo de cítricos.

- En las regiones subtropicales las fases vegetativa y de floración están fuertemente influenciadas por la temperatura predominante en las diferentes estaciones: el frío del invierno induce un período de descanso en las plantas, mientras que en la primavera los árboles florecen. En el trópico dichas fases no están controladas por la temperatura sino por los períodos secos y de lluvia que se presentan durante el año.
- El crecimiento de los árboles es mayor en zonas donde las temperaturas altas predominan durante la mayor parte del año; en el trópico un árbol de cinco años de edad puede lograr un tamaño similar a un árbol de diez años en un área subtropical como California.

- La temperatura afecta el tiempo de antesis a maduración. La naranja valencia en Cartagena requiere solo 6 meses para alcanzar la madurez, mientras que en Medellín, donde la temperatura es menor, requiere de 10 meses.
- La temperatura afecta la formación de carotenoides, antocianina y licopeno, responsables de la coloración de las frutas cítricas. En las regiones cálidas, las naranjas y mandarinas tienen mayor verdor en las corteza, que en la región cafetera, en donde el verde da paso al amarilloso o rojo, característicos de la fruta madura. Igualmente, estos colores predominan en zonas donde es notable la variación de temperatura entre el día y la noche; cuando esto no sucede el color de la fruta tiende a ser verde.
- En las regiones cálidas de Colombia se obtienen naranjas y mandarinas con pulpa más pálida y mayor contenido de jugo, pero con menor contenido de ácido y azúcar, que en regiones de temperaturas medias o frías. En cambio la acidez de los limones no es afectada por la temperatura.
- La temperatura también influye de manera específica en la calidad organoléptica de los cítricos. En efecto, una naranja valencia cultivada en zona caliente tiene más calidad interna que una cultivada en zona fría, mientras que el caso de la naranja ombligona o Washington ocurre todo lo contrario
- La temperatura también influye en el tiempo que dura la fruta madura almacenada en el árbol. En zonas cálidas las naranjas y mandarinas no pueden ser almacenadas en el árbol por más de un mes, luego de haber logrado su madurez, mientras que en climas fríos pueden permanecer hasta cuatro meses, sin sufrir cambios en su calidad.

Se considera que la humedad relativa influye sobre la calidad de la fruta. Los cítricos en regiones donde la humedad relativa es alta, tienden a tener piel más delgada y suave, contienen mayor cantidad de jugo y son de mejor calidad; aunque, en casos extremos, presenta como desventaja el favorecer el desarrollo de enfermedades fungosas y de algunas plagas. El rango adecuado de humedad relativa puede considerarse entre 50% y 80%.

Según los datos de temperatura se observa que la temperatura máxima es de 36.7°C en abril y la temperatura mínima es de 21.5°C en diciembre. Los vientos máximos son de 7.0 m/s en el mes de febrero. La humedad relativa es un elemento climático que tiene gran influencia en el desarrollo y aparición de enfermedades.

En los datos se observa que el mes de septiembre posee el valor máximo de humedad relativa con 92% y el mes de marzo posee el valor mínimo con 78%, al contrario de la evaporación los meses de máxima humedad relativa corresponden a la estación lluviosa y los meses de mínima humedad relativa corresponden a la estación seca.

Vientos (v):

La velocidad del viento predominante en la zona debe tenerse muy en cuenta, ya que los vientos fuertes provocan deshidratación, roturas de ramas, caída de flores, hojas y frutos, lo que puede evitarse mediante el establecimiento de barreras rompevientos, que pueden ser naturales o artificiales. De ser naturales deberán establecerse previo a la plantación, con árboles de crecimiento vertical, de rápido desarrollo, follaje denso y que no alberguen plagas y enfermedades comunes a los cítricos.

Las altitudes aptas para el cultivo de naranjas para jugo, oscila entre los 500 y 1.200 msnm, mientras que las zonas bajo los 500 m, son muy adecuadas para ciertas especies de cítricos como las toronjas, limones, limas ácidas, grapefruit y algunas mandarinas.

La evaporación de la superficie de agua y en el suelo ocurre más rápidamente cuando hay aire seco y caliente en movimiento, más que cuando existen condiciones de calma. Vientos secos y calientes que soplen durante el periodo de crecimiento, afectarán grandemente la cantidad de agua consumida. Sin embargo existe un límite en la cantidad de agua que se puede evaporar, cuando la superficie del terreno se seca, la evaporación prácticamente cesa, y la transpiración se ve limitada a la que las plantas pueden extraer de las raíces.

Radiación solar (Rs):

El efecto de la radiación solar entre la actividad de la planta es un proceso botánico conocido como fotosíntesis. Todos los procesos de la planta, incluyendo la circulación del agua a través de las raíces, tallos y hojas, son acelerados por un incremento de en la radiación solar.

Según los registros de la estación; la radiación solar máxima es en el mes de octubre con $581.4 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{día}$ y los registros máximos son de 561.1, 581.4, $552.8 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{día}$, en los meses de marzo, abril y mayo respectivamente. El porcentaje de luz que entra en la planta a una edad de cuatro meses con una altura de 85 cm y con un número de 11 hojas es de 17% por m^2 ; esto significa que el 83% de luz es aprovechado por las plantas, a una disposición de siembra de 2.3 x 2.3.

Evaporación (Ev):

Este elemento climático tiende a variar debido a la acción de otros elementos meteorológicos y además por naturaleza de la superficie evaporante, dentro de los elementos que tiene influencia tenemos la radiación solar, hora del día,

nubosidad, temperatura del aire, la presión de vapor, el viento y la estación del año.

Según los datos obtenidos por los tres métodos diferentes de cálculo se muestran valores de evaporación donde se tiene el valor mínimo en el mes de octubre, los valores máximos de evaporación corresponden a la estación seca enero, febrero, marzo, abril y mayo, estando la máxima evaporación en el mes de marzo. Invirtiéndose el fenómeno en los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre los cuales pertenecen a la estación lluviosa.

Según los cálculos realizados de evapotranspiración, por el CROPWAT 8.0 y utilizando los datos obtenidos de la estación de San Francisco Libre, el mes de máxima evapotranspiración es Abril con 5.58 mm/día.

Precipitación:

La precipitación o la lluvia es el elemento más importante para la agricultura debido a que es una de las fuentes que provee a los suelos la humedad necesaria para satisfacer la demanda hídrica de los cultivos. Es importante hacer referencia a que un buen nivel de lluvias debe estar entre los 1200 y los 2000 milímetros anuales. Zonas de alta pluviosidad, sin períodos secos bien definidos no son aptas para el cultivo de cítricos

Según la estación los registros promedios anuales andan por el orden 2237.2 mm, los meses de lluvia son de mayo – noviembre (7 meses) y sin lluvia de diciembre – abril, siendo los promedios máximos en septiembre y octubre con 550.1 mm y 640.1 mm y promedio mínimo en noviembre con 77.4 mm. Por lo tanto los valores de la estación lluviosa nos dan un indicativo de cuando podríamos iniciar y suspender los riegos en el área de explotación finca en estudio para una mejor explotación de los recursos hídricos existentes.

3.2. Condiciones edafoclimáticas

3.2.1. Capacidad de campo (CC)

La **Capacidad de Campo (CC)** es el contenido de agua o humedad que es capaz de retener el suelo luego de saturación o de haber sido mojado abundantemente y después dejado drenar libremente, evitando pérdida por evapotranspiración hasta que el Potencial hídrico del suelo se estabilice (alrededor de 24 a 48 horas luego de la lluvia o riego)

También podemos expresarla, como, el contenido de agua que tiene el estrato de suelo originalmente saturado, luego que se ha drenado libremente en el perfil hacia estratos inferiores se conoce como Capacidad de Campo, que no es más que la cantidad máxima de humedad que el suelo puede retener contra el efecto gravitacional.

La CC es distinta para los diferentes tipos de suelo, es menor para los suelos arenosos y mayor para los suelos arcillosos.

3.2.2. Punto de marchites permanente (PMP)

El **punto de marchitamiento permanente** es el punto de humedad mínima en el cual una planta no puede seguir extrayendo agua del suelo y no puede recuperarse de la pérdida hídrica aunque la humedad ambiental sea saturada

El punto de marchites permanente depende del consumo de agua de la planta, profundidad de la zona radicular, del agua utilizada por la planta y de la capacidad de retención del suelo. Cuando aumenta la temperatura y la velocidad del consumo de humedad, el marchitamiento se produce con tensiones más bajas y contenido de humedad mayor.

3.2.3. Límite productivo (Lp)

Se define como el punto que determina el rango de humedad óptima en la capa activa del suelo para un determinado cultivo que asegura, que éste nos dé los

máximos rendimientos o sea producción , este valor se ha determinado en un punto entre la capacidad de campo y el punto de marchites permanente.

Varios autores han considerado este valor como un 70-80% del valor de la capacidad de campo, sin embargo debemos hacer referencia que este es un dato aproximativo y en ningún momento deberá representar para el ingeniero proyectista una realidad imperativa, mas bien se deben hacer validaciones al respecto según las condiciones de la zona, utilidades de la empresa, criterios económicos, análisis de rendimientos de los cultivos en función del número de riegos aplicados por campaña, etc.

3.2.4. Agua fácilmente utilizable (AFU)

Es el valor comprendido entre un rango de CC y PMP. En este rango, no toda esta humedad es igualmente accesible a las plantas, para la programación de los riegos se debe agotar únicamente hasta una porción de la capacidad de campo correspondiente al límite productivo, que normalmente se define en valores del 70 al 80% de la CC.

Este rango de humedad, de AFU, corresponde a los egresos de la planta en un determinado periodo y es aquella humedad que deberá reponerse por el riego. Los egresos de la planta son una función directa del estado de la fase fenológica en que esta se encuentre y de las condiciones climáticas de la zona.

Decisiones de agotamiento de humedad hasta un 70 y/o 80%, involucran decisiones técnicas, económicas del administrador del riego, ya que ha limite productivo de un 70% de la CC le corresponde mayor numero de riegos en relación a la toma de decisión de un 80%.

Capitulo IV

Materiales y Métodos

4.1 Materiales

El proyecto de riego por goteo se realizo en la finca OJO DE AGUA en la comunidad de San Francisco Libre.

Durante la realización de este estudio se llevaron acabo distintas etapas para la conclusión del mismo la cuales son:

- Recopilación de información: esta consistió en la recolección de información de todo tipo, de instituciones privadas y públicas, así como también en la fase explorativa de la zona.
- Estudio de campo: consistió en la recopilación de datos "in situ" el cual llevo a realizar los siguientes estudios:
 - Se inició con la observación del área de estudio, para conocer el tipo de pendiente, la distancia a las fuentes y otros factores utilizados para este estudio.
 - Se tomaron muestras de agua y suelo para su correspondiente análisis físico y químico en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria y el Laboratorio de Edafología de la Universidad de Nacional de Ingeniería
 - Se tomaron las dimensiones del área para la siembra del cultivo y se analizaron las condiciones edafoclimáticas.
 - Se diseño el sistema de riego.
 - Elección del sistema fotovoltaico más óptimo para el buen funcionamiento del sistema de riego.

4.2 Metodología

La metodología a utilizar en el trabajo de la monografía se basó en el análisis de información, procediendo a la caracterización de todos los aspectos de agua, suelo, clima y cultivo necesarios para la realización del diseño agronómico, geométrico e hidráulico.

4.2.1 Ecuaciones a utilizar

4.2.1.1 Diseño agronómico

Necesidades de agua de la planta: El sistema de riego por goteo a diseñar deberá satisfacer el más alto consumo de agua que pueda darse en un cultivo.

Los requerimientos de agua son determinados partiendo de la evapotranspiración (ET) en (mm/día). A partir del dato evapotranspiración se elige la más desfavorable es decir el mes con mayor evapotranspiración. Ver Anexo II Tabla #4

Las necesidades diarias de la planta tenemos que corregirlas por los siguientes factores:

Factor de cultivo K_c : Es propio de cada cultivo y varía con las fases desarrollo vegetativo de los cultivos.

Factor de sombreado (K_s): Se basa en la hipótesis de que en la zona sombreada por efecto de la sombra es inferior a la calculada.

Se puede tomar los siguientes datos:

Ks	Marco de plantación (m)
0.5	7x7
0.6	6x6 o 5x5
0.7	<5

Factor de aumento por valores medios (Ka): LaET de la zona de cultivo de toman valores medios del mes. Por consiguiente hay que tomar en cuenta que algunos días del mes será más alta por lo tanto se aplicará un factor de zona cálida $K_a = 1.20$ Y $K_a = 1.15$ para zona templada.

Factor de uniformidad (Ku): El coeficiente de uniformidad del agua indica la aplicación uniforme del agua. En el riego por goteo se puede considerar:

Valor de CU (%)	Calificación
>94	Excelente
86-94	Bueno
80-86	Aceptable
70-80	Pobre
<70	Inaceptable

Al inicio de un diseño de riego se puede considerar $K_u = 1.1$ (90%)

Necesidades de lavado por aguas salinas (KI): Este índice expresa el aumento de aplicación de agua debido a la necesidad de lavar las sales que se depositan en el suelo. Se calcula con la siguiente expresión: $KI=1-NL$

Donde

$$NL = \frac{CE}{2CS}$$

NL: Necesidad de lavado

CE: Conductividad eléctrica del agua de riego (mmhos/cm)

CS: Conductividad eléctrica del suelo (mmhos/cm)

IMPORTANTE

- El lavado del suelo se utiliza cuando el agua tenga una salinidad $CE > 1$ mmhos/cm. En este caso no se empleará el factor de eficiencia, K_e y si se utilizará el factor de coef., de uniformidad K_u .
- Cuando CE es igual 1 o menor que 1 mmhos/cm se utilizará el factor de lavado KI y se empleará el factor $K_{eu} = 1.2$ que engloba al factor de eficiencia y al factor de Uniformidad.

- **Calculo de la necesidad diaria de agua de la planta**

Agua sin salinidad ($C_e \leq 1$ mmhos/cm)

$$ND = K_c * K_s * K_a * K_{eu} * ET * M$$

Agua con salinidad ($C_e > 1$ mmhos/cm)

$$ND = (K_c * K_s * K_a * K_u * ET * M) / KI$$

ND: factor de cultivo (l/día por árbol)

Kc: factor de cultivo

Ks: factor de sombreamiento

Ka: Factor de aumento por valores medios (1.20)

Keu: factor global de $K_e + K_u = 1.2$

Ku: Factor de Uniformidad ($K_u = 1.1$)

KI: Factor de lavado

ET: Evapotranspiración diaria para el mes de máximo consumo (mm/día o l/m²)

M: Superficie que ocupa un árbol. No superará 36m²

- **Características hidráulica del gotero**

Los caudales estandarizados son: 2 l/h, 4 L/h y 8 l/h. Para iniciar un proyecto tomaremos los caudales estándar y si tenemos decidido la marca tomaremos el caudal del fabricante.

Caudal(l/h) Cultivos

<2	Invernaderos , Hidropónicos
2-4	Hortícolas y frutales en marcos Intensivos
8	Frutales en general

La mayoría de los goteros trabajan a una presión máxima 1 atm (10m.c.a).

- **Cálculo número de gotero por Planta**

$$e \geq \frac{Sp * Pm}{Smj}$$

E = Número de gotero por planta

Sp= superficie que ocupa una planta en m² (Normalmente coincide con el marco de plantación siempre y cuando no sobre pase 36m² , cifra que se tomará cuando ocurra esta circunstancia)

Pm=Porcentaje de superficie mojada (en decimales) (En árboles aumenta su producción si se riega 33%)

Smj = Superficie que moja un gotero en m².Esto depende del caudal y número gotero por planta, tipo de suelo, tipo de riego

Para calcular la Smj en m², calculamos el solape en tanto por 100

$$S = \frac{a}{r} * 100$$

S: Solape expresado en tanto por 100.

A: Distancia recubierta por dos bulbo consecutivo

R: Radio del bulbo.

La distancia entre gotero debe ser

$$D = r \left(2 - \frac{S}{100} \right)$$

Con el cálculo de D y la fórmula de a

$$a = \frac{\pi * r^2}{2} \text{ se calcula Smj en m}^2.$$

- **Cálculo tiempo de Riego (Tr)**

$$Tr = \frac{Dn}{Ng * Qg}$$

Donde:

Tr= Tiempo de Riego (horas)

Dn= Necesidades Diarias (l/día por árbol)

Ng= Número de gotero por planta

Qg= Caudal del gotero (l/h)

- **Cálculo del número de sectores(N sectores)**

$$N_{sectores} = \frac{Jornada}{Triego}$$

Jornada de Riego: Podemos considerar una jornada adecuada 12 -18 horas.

- **Cálculo del caudal de bombeo**

Número de plantas en total en la superficie (Np):

$$Np = \frac{Superficie (m^2)}{Marco de riego o plantación (m^2)}$$

Número de planta a regar Simultáneamente (Nprs)

$$Nprs = \frac{Número plantatotal}{Número de sectores}$$

Caudal Bombeo (Qb) (caudal de un sector)

$$Qb = Nprs * Ng * Qg$$

Donde

Nprs: Número de planta a regar simultáneamente

Ng= número de goteros

Qg= Caudal del gotero

- **Caudal necesario para regar 1 ha de cultivo:**

$$Qn = \frac{Qb(l/s)}{A(ha)}$$

4.2.1.2 Diseño geométrico

En el diseño geométrico se procesaron los datos obtenidos en el levantamiento topográfico y con el diseño agronómico se facilito determinar, el diseño apropiado para distribuir el número de sectores requeridos así como también el número de laterales, y con las elevaciones del terreno permitió localizar la posición que tendrá el tanque para nuestro diseño hidráulico

4.2.1.3 Diseño hidráulico

4.2.1.3.1 Diseño del lateral.

- **Caudal**

$$Q = n * q$$

Donde:

Q: caudal en el origen, (litro/seg).

N: Número de emisores en el lateral.

Q: Caudal medio del emisor, (litro/seg).

- **Longitud ficticia del lateral:**

$$L_f = L + n \cdot l_e$$

Donde:

L_f: Longitud ficticia en m.

L: Longitud real en m.

N: Número de emisores del lateral.

L_e: Longitud equivalente del emisor en m.

La longitud equivalente corresponde L_e= 0.30. Este 0.3 significa que la pérdida de carga por pieza de conexión equivale a lo que se perdería en 0.3 m de tubería.

- **Pérdidas de carga admisible en el lateral.**

$$h_a = \frac{0.10}{x} H * 0.55$$

Donde:

H_a: Pérdida de carga admisible en la subunidad.

H: Presión de trabajo del emisor.

X: Exponente de carga del emisor.

- **Diámetro teórico.**

Este valor admisible de las pérdidas de carga debe coincidir con las pérdidas de carga que se producen en el lateral.

$$D = \left(\frac{0.496 * Q^{1.75} * x * F * Lf}{0.055H} \right)^{1/4.75}$$

Donde:

D: Diámetro del lateral en mm.

Q: Caudal en (litros/hora).

Lf: Longitud ficticia en m.

H: Presión de trabajo del emisor en mca.

- **Perdida de carga en la tubería lateral.**

Se elige el mayor diámetro comercial más próximo al que sale en el cálculo, con lo cual la pérdida de carga real en el lateral es algo menor del 55%. Esta pérdida de carga real se calcula según Blasius, mediante la fórmula:

$$h = J * F * Lf = \frac{0.496 * Q^{1.75} * F * Lf}{D^{4.75}}$$

Donde:

H: pérdidas de carga en el lateral, en mca.

D: Diámetro de la tubería comercial elegida en mm.

Q: Caudal en (litro/hora).

Lf: Longitud ficticia en m.

- **Presión necesaria en el origen del lateral.**

En un lateral porta aspersores horizontales la presión en el origen es:

$$P_o = P_m + 0.73h \pm H_g / 2$$

Donde:

P_o: Presión en el origen del lateral mca.

P_m: Presión media en el lateral en mca.

H: Pérdida de carga en el lateral en m.

H_g: Desnivel geométrico entre los extremos del lateral.

+: Cuando el desnivel es ascendente.

-: Cuando el desnivel es descendente.

4.2.1.3.2 Diseño de tubería decundaria.

- ✓ La tubería secundaria de PVC o PE normalmente enterrada de la cual parten los ramales de goteo que riegan un sector.
- ✓ La presión máxima tubería PVC 6 atm y PE 6 a 4 atm
- ✓ Para tuberías PVC el máximo diámetro recomendable a instalar es de 125 mm y para tubería de PE de 90 mm.
- ✓ La tubería secundaria se unirá a la principal a través de una válvula de pase (instalación manual) o una válvula automática (instalaciones automatizada). Es recomendable que dicha unión siempre que sea posible sea a la mitad de longitud de la tubería secundaria.

Para el cálculo el diámetro de la tubería secundaria se necesita conocer los datos siguientes:

- ✓ Caudal en el origen de la secundaria que es igual al número de laterales que derivan de la terciarias por el caudal de cada uno.
- ✓ Longitud ficticia de la secundaria que es igual a la longitud real(L) más la longitud equivalente de los accesorios instalado:
- **Longitud equivalente.**

$$L_f = a * L$$

A: varía de 1.05 1.20

- **Pérdida de carga admisible en la secundaria.**

$$h'a = \frac{0.10}{x}(H - h)$$

H'a: Perdida de carga admisible en la secundaria.

H: Presión del trabajo del emisor.

X: Exponente de carga del emisor.

H: Pérdida de carga real en el lateral (se toma el lateral de mayor pérdida de carga).

➤ **Diámetro de la secundaria.**

Este valor admisible de la pérdida de carga ($h'a$) debe coincidir con las pérdidas de carga que se produce en la secundaria (h').

$$D = \left(\frac{0.496 * Q^{1.75} * F * Lf}{h'a} \right)^{1/4.75}$$

D: Diámetro de la secundaria en mm.

Q: Caudal en (litros/hora).

Lf: Longitud ficticia en m.

H'a: Perdida de carga admisible en mca.

Se elige el mayor diámetro comercial más próximo al que en el cálculo.

➤ **Perdida de carga.**

La pérdida de carga producida en la secundaria se calcula, según Blasius mediante la fórmula:

$$h' = J * F * Lf = \frac{0.496 * Q^{1.75} * F * Lf}{D^{4.75}}$$

Donde:

H': pérdidas de carga en la secundaria, en mca.

D: Diámetro de la tubería comercial elegida en mm.

Q: Caudal en (litro/hora).

Lf: Longitud ficticia en m.

➤ **Presión producida en la entrada de la tubería secundaria.**

$$P'o = P_o + 0.73h \pm Hg / 2$$

Donde:

P'ó: Presión en el origen de la secundaria mca

P_o: Presión en el origen del lateral en mca

H: Pérdida de carga en el lateral en m

Hg: Desnivel geométrico entre los extremos del lateral.

+: Cuando el desnivel es ascendente

-: Cuando el desnivel es descendente.

4.2.1.3.3 Diseño tubería principal.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\Pi * v}}$$

Donde:

D: Diámetro en m.

Q: Caudal en (m³/seg).

V: Velocidad en (m/seg).

Se elige el diámetro comercial más próximo.

➤ **Longitud ficticia.**

$$L_f = 1.20 * L$$

➤ **Pérdida de carga, según Blasius.**

$$h = J * L_f = \frac{0.496 * Q^{1.75} * L_f}{D^{4.75}}$$

➤ **Presión en el origen de la tubería principal.**

$$P = P_o + h \pm Hg$$

P: Presión en la entrada de la tubería principal en mca.

P_o: Presión en el origen de la tubería secundaria.

H: Pérdida de carga en m.

Hg: Desnivel del terreno.

Se toma la presión en el tramo más desfavorecido.

4.2.1.4 Diseño del sistema fotovoltaico

Para realizar los diseños de los sistemas de bombeo con energía solar se realizaron los siguientes pasos:

➤ **Determinar el requerimiento diario de agua.**

El tamaño y costo de su sistema dependerá de la cantidad de agua requerida por día. Los sistemas de bombeo de agua con energía solar están diseñados para proporcionar una cierta cantidad de agua por día. El agua es bombeada durante las horas de sol y almacenada en un tanque. El requerimiento diario es simplemente el total de toda el agua requerida durante un período de 12 horas. Esta cantidad es expresada en litros/día

➤ **Determinar la carga total dinámica.**

La carga dinámica total es la suma de la carga **estática** (CE) y la carga **dinámica** (CD):

$$\text{CDT} = \text{CE} + \text{CD} = [\text{Nivel estático} + \text{altura de la descarga}] + [\text{abatimiento} + \text{fricción}]$$

Carga estática (Nivel estático + altura de descarga)

La carga estática, puede obtenerse con mediciones directas. Se trata de la distancia vertical que el agua se desplaza desde el nivel del espejo del agua antes del abatimiento del pozo hasta la altura en que se descarga el agua. La carga estática es entonces la suma del nivel estático y la altura de la descarga.

Carga dinámica (Abatimiento + fricción)

Todos los pozos experimentan el fenómeno de abatimiento cuando se bombea agua. Es la distancia que baja el nivel del agua debido a la constante extracción.

La carga dinámica, es el incremento en la presión causado por la resistencia al flujo al agua debido a la rugosidad de las tuberías y componentes como codos y válvulas. Esta rugosidad depende del material usado en la fabricación de las tuberías. Los tubos de acero producen una fricción diferente a la de los tubos de plástico PVC de similar tamaño. Además, el diámetro de los tubos influye en la fricción. Mientras más estrechos, mayor resistencia producida.

Para calcular la carga dinámica, es necesario encontrar la distancia que recorre el agua desde el punto en que el agua entra a la bomba hasta el punto de descarga, incluyendo las distancias horizontales, así como el material de la línea de conducción y su diámetro.

Las pérdidas por fricción, medida en su equivalente en metros, es la presión requerida para contrarrestar la fricción en la tubería desde la bomba hasta el punto de descarga. La fricción está basada en: índice del flujo, longitud, diámetro y tipo de tubería, también en el número y tipo de accesorios utilizados en la tubería. Estas pérdidas son aproximadamente el 2% de la distancia de recorrido del agua o lo que es equivalente a la longitud total L de la tubería. Por lo general el resultado es una estimación conservadora si se asume que los sistemas de bombeo solar típicos tienen flujos de menos de 1 L/s y las bombas recomendadas se conectan a tuberías de diámetro amplio.

➤ **Calcular el ciclo hidráulico.**

El tamaño del sistema está en relación directa con el producto de la Carga Dinámica Total (CDT) y el volumen de agua diario necesario. Este producto se conoce como **ciclo hidráulico**, este se expresa en metros cúbicos, m³ (1,000 litros = 1 m³), por la CDT, expresada en metros, m [(m) (m³)]. Con estas unidades, el ciclo hidráulico se expresa en unidades de m⁴. La experiencia muestra que un proyecto fotovoltaico es económicamente viable cuando el ciclo hidráulico no sobrepasa los 1,500 m⁴/día.

➤ **Determinar el recurso solar y el ángulo de inclinación.**

La máxima energía se obtiene cuando los rayos solares llegan perpendiculares a la superficie del captador. En el caso de arreglos fotovoltaicos la perpendicularidad entre las superficies de los módulos y los rayos solares solo se puede conseguir si las estructuras de montaje del arreglo se mueven siguiendo al Sol.

En el proyecto no se contempla la instalación con seguidores solares, los arreglos fotovoltaicos se montaran en estructuras fijas. Este montaje tiene la ventaja de ser muy sencillo. Debido a que el ángulo de elevación del Sol cambia durante el año, se tendrá un criterio de selección del ángulo óptimo del arreglo que garantice la máxima producción de energía eléctrica. En el hemisferio Norte el Sol se declina hacia el Sur, por lo cual se requiere que los arreglos fijos se coloquen inclinados (respecto de la horizontal) viendo hacia el Sur.

Regla de Mano:

- La inclinación del arreglo se selecciona para satisfacer la demanda de agua durante todo el año.
- Si se desea bombear la máxima cantidad de agua al año, la inclinación del arreglo deberá de ser igual al valor de la latitud del lugar.

➤ **Seleccionar la bomba y el controlador.**

El seleccionar los componentes adecuados es crucial para el rendimiento de su sistema. La selección de componentes requiere de tres elementos de información; el requerimiento diario de agua, la carga dinámica total, y las horas de sol sobre arreglo.

A) Seleccionando la bomba - exclusivamente serie sc

Las bombas de la Serie SC son bombas centrífugas de alto volumen. Estas están diseñadas para operar a profundidades específicas. La selección de la bomba apropiada es importante. La bomba equivocada no le proporcionará toda la potencia que el recurso solar puede otorgarle.

Todas las bombas de la Serie SC requieren un DIÁMETRO MÍNIMO DEL POZO de 10.2 cm (4 pulgadas). Las Bombas de la Serie SC toleran ciertas cantidades de arena en el agua y generalmente no requieren el PROTECTOR CONTRA ARENA.

Para la selección de las bombas adecuadas se realizaron los pasos siguientes:

1. Seleccionar la gráfica de rendimiento de las bombas con las HORAS DE SOL SOBRE ARREGLO para el lugar donde será instalado el sistema.
2. En esta gráfica, marcar la CARGA DINÁMICA TOTAL en la escala horizontal de la gráfica. Trazamos una línea vertical.
3. Marcar la gráfica con los requerimientos diarios de agua. Trazamos una línea horizontal.
4. El punto donde ambas líneas se cruzan se mostrará la bomba recomendada.

Las Bombas Solares Sumergibles Kyocera de la Serie SC, son de alta calidad, libres de mantenimiento e impulsadas por corriente directa, específicamente diseñadas para el suministro de agua en lugares remotos.

Funcionan con 140 a 1000 Vatios (W) en corriente directa, en Voltajes de 30 a 120 Voltios. Potencia que puede ser proporcionada por una variedad de fuentes de poder independientes, incluyendo paneles solares y/o baterías.

Los motores son de la tecnología más avanzada, impulsados por corriente directa, sin escobillas, con imán permanente; están contruidos de bronce grado marino y acero inoxidable 304. Diseñados con una cara a la bomba, se fijan directamente al extremo estándar de 4.0 pulgadas de diámetro de la bomba sumergible. La compensación de la presión interna permite sumergir el motor a cualquier profundidad sin dañar los sellos.

Las bombas del extremo son centrífugas de paso múltiple. Fabricadas por GouldsPumps, Inc., contruidas con acero inoxidable 304 y plástico. Los impulsores y difusores están contruidos de un fuerte material termoplástico y son extremadamente resistentes a depósitos minerales y algas. El reemplazo de las bombas en campo puede efectuarse con facilidad, sin requerir la utilización de herramientas especializadas.

Las Bombas Kyocera Serie SC pueden instalarse bajo el nivel del agua en un pozo de agua subterráneo, lago, ríos o cisternas. Pueden utilizarse para llenar un depósito abierto o en un sistema presurizado de suministro de agua, con cabezales hasta de 167 metros (550 pies). Están diseñadas para utilizarse en sistemas de suministro de agua independientes. No son contaminantes, son resistentes a la corrosión, permanentemente lubricadas y silenciosas.

La Bomba que se utilizara para el sistema es Kyocera Serie SC 1000-105-30

Ver Anexo 3 grafico 1

B)Seleccionando el controlador adecuado

La selección del controlador apropiado es muy sencillo: Todas las bombas Serie SC requieren del Controlador CC 2000.

Características:

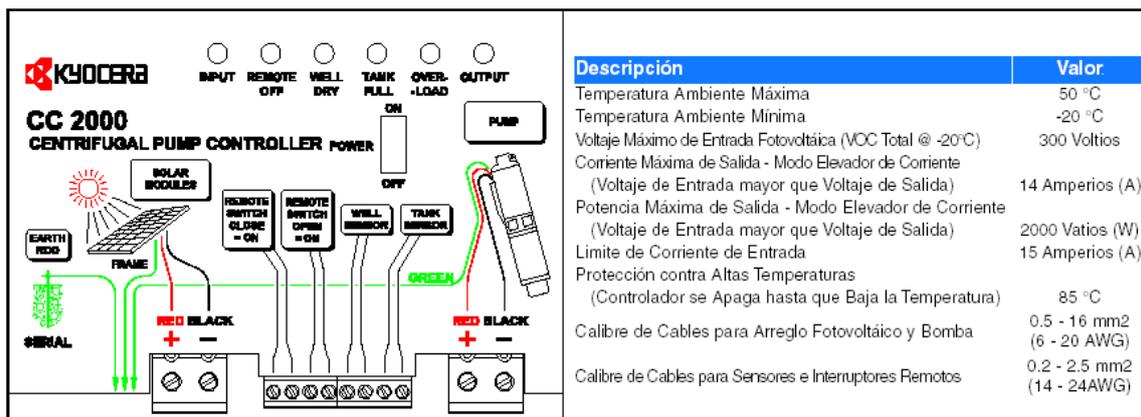
El controlador para bombas CC 2000 está diseñado para conectar módulos solares a bombas centrífugas y motores sumergibles Kyocera de la Serie SC. El controlador eleva la corriente a la vez que rastrea el Punto de Potencia Máximo (MPPT, por sus siglas en inglés) de los módulos solares.

El controlador está completamente auto-configurado y no requiere de ningún ajuste adicional por sus usuarios para asegurar su operación correcta.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA CÍTRICOS (NARANJA) EN LA FINCA OJO DE AGUA CON ENERGIA RENOVABLE (SOLAR) EN EL MUNICIPIO DE "SAN FRANCISCO LIBRE" DEPARTAMENTO DE MANAGUA

El Controlador CC 2000 es capaz de controlar de dos a doce módulos en serie. Puede usarse con cualquier combinación de módulos mientras que su Voltaje de Circuito Abierto (VOC) no exceda 300 voltios. Los módulos pueden conectarse en paralelo para incrementar la producción diaria de agua.

El diseño único del controlador simplifica el control y reparaciones de los sistemas de bombeo. Las entradas son proporcionadas por interruptores remotos y sensores de nivel de agua de Kyocera Solar. Estos indicadores proporcionan información útil sobre voltajes, estado de interruptores, de sensores y de condiciones de sobrecarga.



➤ **Selección del módulo fotovoltaico.**

Se seleccionó el módulo fotovoltaico Isofoton I-100 /12 para realizar el diseño del sistema fotovoltaico de bombeo.

A continuación se presentan las características eléctricas y físicas del mismo.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Dimensiones	1.310 x 654 x 39,5mm
Peso	11,5 kg
Número de células en serie	36
Número de células en paralelo	2
Tamaño de las células	4"
TONC (800 W/m ² , 20°C, AM 1,5, 1 m/s)	47°C

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
Tensión nominal (Vn)	12 Vcc
Potencia máxima (Vmax)	100 Wp (±10%)
Corriente de cortocircuito (Isc)	6,54 A
Tensión de circuito abierto (Voc)	21,6 V
Corriente de máxima potencia (Imax)	5,74 A
Tensión de máxima potencia (Vmax)	17,4 V
Voltaje máximo del sistema	760 V
Nota: datos obtenidos en Condiciones Estándar de Medida (CEM): T ^a = 25°C – AM = 1,5 – E = 1.000 W/m ²	

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS	
Células	Si monocristalino, texturadas y con capa antirreflexiva.
Contactos	Redundantes, múltiples en cada célula.
Laminado	EVA (etilen-vinil acetato)
Cara frontal	Vidrio templado alta transmisividad
Cara posterior	Protegida con tedlar de varias capas
Marco	Aluminio anodizado
Cajas de conexión	2 x IP-65 con diodo de by-pass
Toma de tierra	Sí
Certificados	CE, IEC-61215, Class II
Garantía de potencia	10 y 25 años (90 y 80%)

➤ **Seleccionar cables y tuberías.**

A) Cables.

La selección adecuada de los cables es esencial para el rendimiento de la bomba. La electricidad solar es muy valiosa y su desperdicio debe de evitarse. Las instalaciones de bombas solares generalmente requieren de

cables de mayor calibre que los sistemas de corriente alterna (CA) para evitar pérdidas de energía.

Para todas las aplicaciones de bombas Serie SC, el cable de la bomba debe de ser de 3 conductores; cable cubierto aprobado para bombas sumergibles. Los conductores deben de tener ramales para resistencia baja, los conductores sólidos no son adecuados. Los colores preferidos de los conductores son ROJO, NEGRO, y VERDE. Pueden utilizarse otros colores siempre y cuando se preste mucha atención a la polaridad.

Se utiliza la siguiente tabla para determinar qué calibre de cables a utilizar. Mientras más profundo sea el pozo, se requerirá de cable de mayor calibre.

WIRE SIZE FOR SC 1000 PUMPS – 3% LOSS

LENGTH OF PUMP CABLE		MINIMUM WIRE SIZE	
0 to 34 meters	0 to 110 feet	4 mm²	12 AWG
34 to 55 meters	110 to 180 feet	6 mm²	10 AWG
55 to 88 meters	180 to 285 feet	10 mm²	8 AWG
88 meters and over	285 and over	16 mm²	6 AWG

El cable utilizado en nuestro sistema fotovoltaico será el #12 para nuestro sistema

B) Tubería.

El tamaño y tipo de tubería son importantes para el funcionamiento apropiado del sistema. Una tubería más grande puede ser usada para reducir pérdida de fricción en largos recorridos horizontales. Tamaños grandes deben de evitarse en corridos verticales porque la arena en el agua puede entrar y causar bloqueo. Tamaños más pequeños no deben de usarse porque pérdida de fricción incrementarán.

La tubería de plástico es preferida para todas las bombas porque la superficie lisa reduce la pérdida de fricción. Bombas de tipo SD tienen que ser usadas con tuberías de plástico; el plástico provee un efecto acolchonado y protege el diafragma de la bomba.

El tamaño y tipo de la tubería apropiada es listado en la tabla de abajo:

PUMP MODEL	PIPE SIZE	PIPE TYPE
SD 12-30	3/4" (19 mm)	POLYETHYLENE DO NOT USE STEEL PIPE
SD 6-30	1/2" (12.7 mm)	
SD 3-70		
SC500 15-60	1-1/4" (35.1 mm)	THREADED PVC
SC500 25-40		
SC500 35-35		
SC500 40-25		
SC1000 15-105		
SC1000 25-85		
SC1000 35-70		
SC1000 45-60		
SC1000 60-45		
SC1000 105-30		

La tubería para nuestro sistema es de 2 pulgada ya que nuestra bomba es una Sc1000 105-30 que es recomendada por el fabricante según la tabla

➤ **Seleccionar los sensores de nivel de agua.**

Las bombas Serie SC requieren agua para su lubricación y enfriamiento. Breves períodos, de uno o dos minutos, trabajando en seco pueden ser tolerados. Períodos más largos pueden dañar o destruir la bomba. En pozos donde existe la posibilidad de bombear en seco, debe utilizarse un sensor de nivel de agua SS100 para proteger a la bomba contra condiciones de operación en seco.

El sensor SS100 está diseñado para trabajar exclusivamente con los controladores de bombas CD 300 y CC 2000 de Kyocera Solar. El sensor SS100 usa tecnología patentada para proveer una solución anticorrosiva para el sensor de agua del pozo. El SS100 está construido completamente de vidrio y plástico. No contiene metales ni corrientes eléctricas que causen corrosión. El sensor de nivel de agua SS100 está proyectado principalmente para utilizarse en pozos y desconecta la bomba cuando el pozo se seca o el nivel de agua está muy bajo.

El sensor SS100 puede también usarse en tanques de almacenamiento para desconectar la bomba cuando el tanque se llene. El SS100 viene con 45 metros(150 pies) de cable cubierto de polietileno. El cable es suficientemente largo para satisfacer la mayoría de las instalaciones.

El controlador CC 2000 cuenta con entradas para sensores SS100 para ambos, POZO y TANQUE. Además, tienen entradas para que las bombas puedan ser controladas por interruptores mecánicos.

El sensor a utilizar es SS100 ya que lo recomienda el fabricante de la bomba ya que también son compatible con el tipo de controlador

4.2.1.5 Metodología para la clasificación del suelo.

El análisis agroquímico del suelo se hace sobre una muestra homogénea de suelo que represente un continuo de suelo de un terreno.

Para obtener una muestra de suelo se toma de 10 a 20 submuestras del lote, esto se realiza con un palin en forma de "V". Si el suelo se encuentra húmedo se dejan secar las submuestras en la sombra sobre un papel. Se homogenizan las submuestras de un mismo estrato y se toma aproximadamente de 1.0 a 2.0 kg de muestra, se almacenan en bolsas apropiadas para enviar al laboratorio y se coloca una etiqueta con toda la información requerida. Inmediatamente entrada la muestra al laboratorio se le asigna su respectivo número y comienza el proceso para las diferentes determinaciones.

Para interpretar los resultados del análisis químico realizado en el laboratorio se utiliza el Rango de Clasificación Aproximada de Nutrientes de Suelos de Nicaragua (Quintana et al., 1983) la cual es utilizada por la Universidad Nacional Agraria y que a continuación presentamos:

pH	Clasificación
4.6 – 5.2	Muy frecuentemente ácido
5.2 – 5.6	Fuertemente ácido
5.6 – 6.2	Medianamente ácido
6.2 – 6.6	Ligeramente ácido
6.6 – 6.8	Muy ligeramente ácido
6.8 – 7.2	Neutro
7.2 – 7.4	Muy ligeramente alcalino
7.4 – 7.8	Ligeramente alcalino
7.8 – 8.4	Medianamente alcalino
8.4 – 8.8	Fuertemente alcalino

8.8 – 9.4 Muy frecuentemente alcalino

Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.)

< 5	meq/100 gr suelo	Muy baja
5 - 15	meq/100 gr suelo	Baja
15 - 25	meq/100 gr suelo	Media
25 - 40	meq/100 gr suelo	Alta
> 40	meq/100 gr suelo	Muy alta

Rango de contenido de macronutrientes.

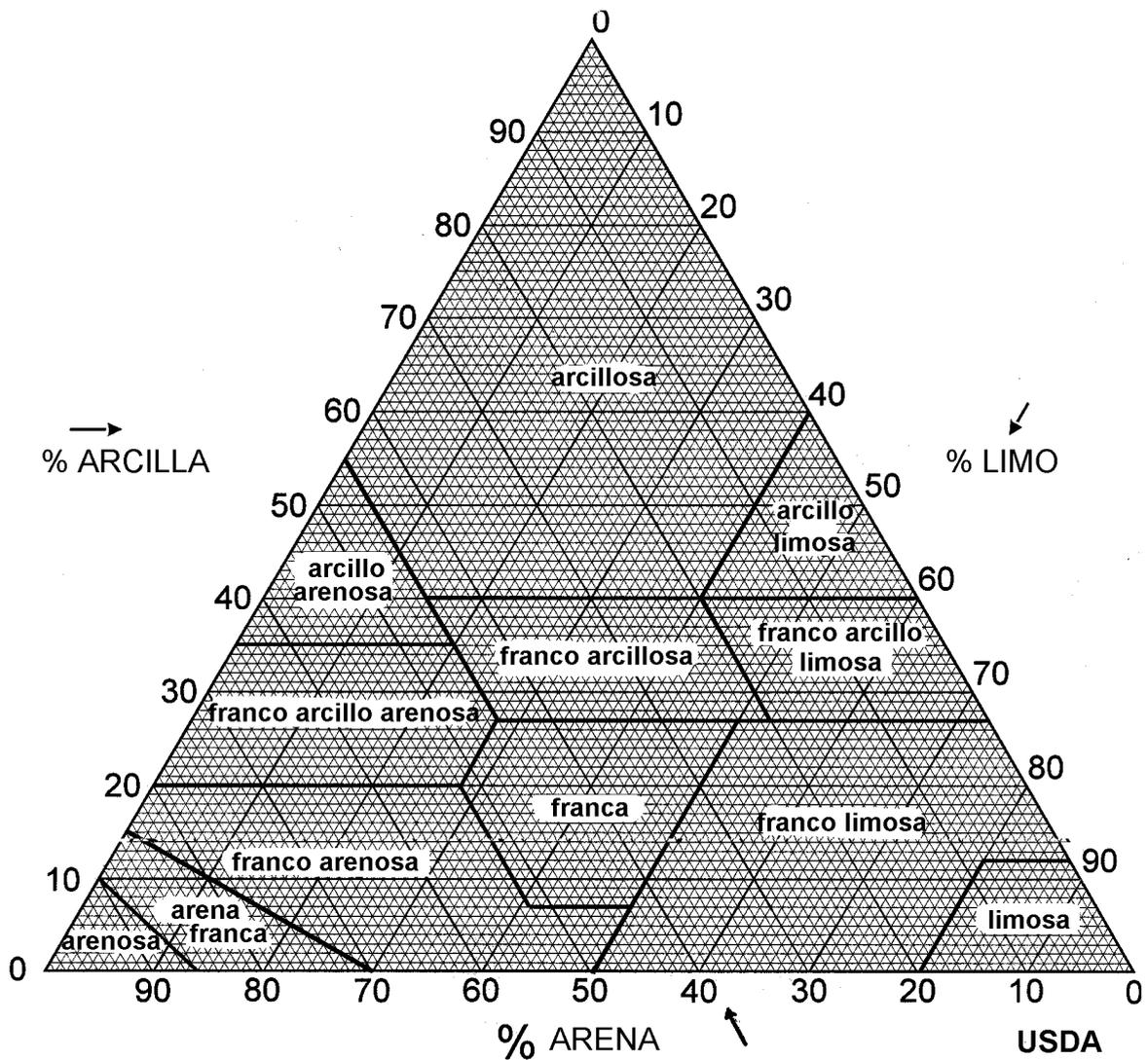
Nutrientes	Unidades	Pobre	Medio	Alto
Nitrógeno (N)	%	< 0.07	0.07 – 0.15	
				> 0.15
Fósforo (P)	ppm	< 10	10 – 20	>20
Potasio (K)	meq/100 g	< 0.2	0.2 – 0.3	> 0.3
Calcio (Ca)	meq/100 g	< 2.5	2.5 – 5.5	> 5.5
Magnesio (Mg)	meq/100 g	< 0.3	0.3 – 1.0	> 1.0
Materia Orgánica (MO)	%	< 2	2 – 4	> 4

Rango de contenido de micronutrientes (extracción Olsen).

Nutrientes	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto
Hierro (Fe)	ppm	5 -10	10 – 16	16 – 21	21- 25
Zinc (Zn)	ppm	1 – 2	2.1 – 3.1	3.1 – 4.2	4.2 – 5.3
Cobre (Cu)	ppm	0.2 – 0.8	0.8 – 1.5	1.5 – 2.2	2.2 – 3.0

Para la clasificación de la textura de los suelos se utiliza el Triángulo de Clases Texturales (Soil Survey Manual – Departamento de Agricultura de los Estados

Unidos, USDA), a este triángulo se entra con los porcentajes de las fracciones granulométricas aportados por el análisis físico. A continuación se presenta el triángulo en mención.



4.2.1.6 Metodología para la clasificación del agua para riego.

La clasificación del agua para el riego de cultivos se fundamenta en dos criterios desarrollados por el Laboratorio de Salinidad de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USDA. De acuerdo con estos criterios, la calidad del agua para el riego de cultivos puede expresarse en función de dos variables:

Una variable que pondera la salinidad del agua mediante la medición de su conductividad eléctrica, debido a que dicha propiedad afecta adversamente y en diferentes grados, a los diversos tipos de cultivos. La segunda variable que se tiene en cuenta, es una relación que se conoce genéricamente como el RAS, (Relación de Absorción de Sodio) y que mide básicamente la proporción de sodio a calcio y magnesio que contiene la muestra.

CRITERIOS DE SALINIDAD.

En relación con la salinidad del agua, esta puede clasificarse en los siguientes cuatro grupos:

GRUPO C1: Aguas con conductividad eléctrica entre 100 y 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este tipo de aguas se consideran como de “Baja Salinidad” y son por lo tanto, útiles para el riego de cualquier cultivo, en cualquier tipo de suelo, con baja o nula probabilidad de generar salinidad en los suelos.

GRUPO C2: Aguas con conductividad eléctrica entre 250 y 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este tipo de aguas se consideran como de “Salinidad Media”; pueden usarse para el riego de cultivos, a condición de que exista cuando menos, un lavado moderado de los suelos. La mayoría de cultivos, resisten esta agua, sin prácticas especiales de control.

GRUPO C3: Aguas con conductividad eléctrica entre 750 y 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este tipo de aguas se consideran como de “Altamente Salinas” y solamente deben

usarse en suelos con buen drenaje y/o en cultivos altamente resistentes a las sales.

GRUPO C4: Aguas con conductividad eléctrica mayor a 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este tipo de aguas se consideran como de "Salinidad Extrema" y en general, no son recomendables para el riego de ningún tipo de cultivos, en ningún tipo de suelos, con excepción de las zonas costeras.

CRITERIOS DEL R.A.S.

En relación con el valor RAS, las aguas también se clasifican en cuatro grupos:

GRUPO S1: Valor RAS entre 0 y 10. Son aguas de bajo contenido en sodio, útiles para el riego de la mayoría de suelos y cultivos.

GRUPO S2: Valor RAS entre 10 y 18. Son aguas de mediano contenido en sodio, útiles para el riego de suelos de textura gruesa o de suelos orgánicos con buena permeabilidad.

GRUPO S3: Valor RAS entre 18 y 26. Son aguas de alto contenido en sodio, solo aplicables a suelos yesíferos o a suelos con prácticas especiales de manejo. No son útiles para el riego de cultivos altamente sensibles al sodio, como lo son la mayoría de frutales.

GRUPO S4: Valor RAS mayor de 26. Son aguas de muy alto contenido en sodio, prácticamente inadecuadas para el riego de la mayoría de suelos y cultivos.

Una vez que las aguas han sido clasificadas de acuerdo a estos dos criterios, el siguiente paso consiste en cruzar esta información en el diagrama de Scholler, Figura No. 1. En dicho diagrama figuran 16 campos que se asocian a 16 tipos diferentes de aguas, siendo los valores más altos, los correspondientes a las aguas menos apropiadas para el riego de cultivos.

Capítulo V

Cálculos

5.1 Diseño agronómico

Eto máxima del mes de abril	5.58mm/día
Suelo	Arcilloso
Cultivo	Naranja
Superficie	33846.61m ²
Separación entre planta	8m
Marco de Plantación	8X8
Superficie real del Marco	64m ²
Superficie de calculo	36m ²
Salinidad del agua CE	0.33 mmhos/cm
Salinidad del Agua CS	0.05 mmhos/cm
Jornada	12 hrs
Kc del cultivo	0.7
Ks	0.5
Ka	1.2
Keu	1.2
KU	1.1

- **Agua sin salinidad**

$$ND = 0.7 * 0.5 * 1.2 * 36m^2 * 5.58 \text{ mm}/\text{dia} * 1.2 =$$

$$ND = 101.24 \text{ l}/\text{dia}/\text{arbol}$$

- **Agua con salinidad**

$$ND = \left[0.7 * 0.5 * 1.2 * 36m^2 * 5.58 \text{ mm}/\text{dia} * 1.1 \right] / (* 2.3)$$

$$ND = -40.4 \text{ l}/\text{dia}/\text{arbol}$$

Se descarta este valor

- **Cálculo número de gotero por planta**

$$e \geq \frac{36 * 0.33}{9} = 1.32 \approx 2 \text{ goteros}/\text{planta}$$

- **Cálculo tiempo de riego (Tr)**

$$Tr = \frac{101.24}{2 * 8} = 6.32 \text{ hrs} \approx 6 \text{ hrs}$$

- **Cálculo del número de sectores(N sectores)**

$$N = \frac{12 \text{ hrs}}{6 \text{ hrs}} = 2$$

- **Cálculo caudal de bombeo**

$$Np = \frac{33846.61m^2}{64m^2} = 529 \text{ plantas}$$

- **Número de planta a regar simultáneamente (Nprs)**

$$Nprs = \frac{529}{2} = 264plantas$$

- **Caudal de bombeo**

$$Qb = 264 * 2 * 8 = 4224 \text{ l/h}$$

- **Caudal necesario para regar 1 ha de cultivo**

$$Qn = \frac{1.17}{\frac{33846.61}{1000}} = 0.35$$

5.2 Diseño geométrico

Obteniendo los cálculos del diseño se determino que se requerían 2 sectores teniendo en cuenta las horas de riego para nuestro sistema de riego por la cual se distribuyo de la siguiente manera Ver Anexo IV Plano 3

5.3 Diseño hidráulico

Características del gotero

Tipo	Mini inlain	Instalado	Botón
Nº de goteros	2	Exponente de descarga	0.47
Presión en funcionamiento	10.2 mca 1 bar	Caudal gotero	8 l/h
Nº de salidas	36	Esp lateral	8 m
Nº arboles por lateral	18	Sep gotero	8m
Factor de reducción de scobey	0.385	Long diseño	140 m

5.3.1 Diseño de lateral

- **Calculo de caudal**

$$Q = 36 * 8 \text{ l/h} = 288 \text{ l/hr}$$

- **Longitud ficticia**

$$L_f = 140m + (0.3 * 36) = 150.8m$$

- **Pérdidas de carga admisible en el lateral.**

$$h_a = \frac{0.10}{0.47} 10.2mca * 0.55 = 1.19mca$$

- **Diámetro teórico.**

$$D = \left(\frac{0.496(288)^{1.75} * 0.378 * 150.8m}{0.055 * 10.2} \right)^{1/4.75} = 15.68 \approx 16mm$$

- **Pérdida de carga en la tubería lateral.**

$$h = \frac{0.496 * (288)^{1.75} * 0.378 * 150.8}{16^{4.75}} = 1.085$$

- **Presión necesaria en el origen del lateral.**

$$P_o = 10.2mca + 0.73(1.085) + \left(\frac{1}{2}\right) = 11m$$

$$P_o = 10.2mca + 0.73(1.085) + \left(\frac{1.9}{2}\right) = 10.04m$$

5.3.2 Diseño de tubería secundaria.

Nº SECTORES	Tuberías secundarias	Distancia entre portagoteros(m)	Long de lateral (m)	Qlateral (l/h)	Qlateral (m ³ /h)	Long.Tubería sec(m)
1	TS1-1	8	140	288.000	0.2880	72.00
	TS 1-2	8	140	288.000	0.2880	72.00
2	TS 2-1	8	140	288.000	0.2880	64.00
	TS 2-2	8	140	288.000	0.2880	88.00

Nº SECTORES	Tuberías secundarias	Nº líneas	Q de la secundaria (l/h)	H'a (mca)	LongitFicticia(m)	Factor de Christiasen
1	TS1-1	9	2592.00	1.94	81	0.421
	TS 1-2	9	2592.00	1.94	81	0.421
2	TS 2-1	8	2304.00	1.94	72	0.428
	TS 2-2	11	3168.00	1.94	99	0.421

Nº SECTORES	Tuberías secundarias	Teórico (mm)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	H'(mca)	P'º(mca)
1	TS1-1	28.54	32	29.6	1.63	12.94
	TS 1-2	28.54	32	29.6	1.63	12.04
2	TS 2-1	26.75	32	29.6	1.20	12.84
	TS 2-2	32.06	40	37.2	0.96	12.26

Estos diámetros son los comerciales. El diámetro interno es el que se utiliza para calcular h' .

5.3.2 Diseño de tubería principal

Calculo por válvula y sector

SECTOR	VÁLVULA	T. SECUNDARIA	Q(l/h)	Q(m ³ /seg)	Qval(m ³ /s)	QSEC(m ³ /seg)
SECTOR 1	VÁLVULA 1	TS1-1	2592.0000	0.0007	0.00144	0.00144
		TS1-2	2592.0000	0.0007		
SECTOR2	VÁLVULA 2	TS2-1	2304.0000	0.0006	0.00152	0.00152
		TS2-2	3168.0000	0.0009		

- Longitudes por tramo

NODOS		TRAMO	LONG(m)
TANQUE	V1	TP-1	73.57
TANQUE	V2	TP-1	73.57

- Calculo de Perdida de carga tubería principal

DESDE	HASTA	TRAMO	Q(m ³ /seg)	Q(l/h)	Long(m)	Lf(m)
N2	V1-V2	TP-1	0.00152	5472	73.57	88.284

DESDE	HASTA	TRAMO	Vmaxpe R(m/s)	Teórico (mm)	Dinterior (mm)	Dnomina L(mm)	H(mca)
N2	V1-V2	TP-1	1	44	46.40	50	1.85

- **Presión de carga en el origen**

DESDE	HASTA	P(mca)
TANQUE	V1	15.04
	V2	14.94

- **Perdida de carga en el punto más desfavorable**

DESDE	HASTA	P C(m)	DESNIVEL*	PCTP(m)
TOMA	V1	1.8	0.5	1.3
TOMA	V2	1.8	0.5	1.3

- **Calculo de la altura manométrica total**

PERDIDA DE LA TUBERIA	0.06	M
P.de C. Accesorios tubería	2.0	M
P.de C. Cabezal de goteo o est. De filtrado	5	M
P.de C. Accesorios de aspiración e impulsión	10	M
Desnivel geométrico	1.7	M
Presión de trabajo del gotero	10.33	M
P. De C. En equipo de fertirrigacion	0	M
ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL	29.1	M

- **Perdidas de carga totales**

P.de C. Tubería o portagoteros	1.09m
P.de C. Tubería secundaria	1.63m
P.de C. Tubería Principal	1.3m
Perdida totales	4.02

- **Volumen del tanque**

Valvula 2	Q(l/h)	Suma Q(l/h)	Q m ³ /h	Volumen del tanque en 6hrs
TS2-1	2304.0	5472.0	5.5	32832.0
TS2-2	3168.0			

- **Altura del tanque**

Altura del Tanque = Cota mínima + Pmin+ Perdidas Totales—cota tanque

Altura del Tanque = 97.9m +10.2m + 4.02m – 99.8m

Altura del tanque = 12.37 metros=13m

5.4 Diseño del sistema fotovoltaico

- **Requerimiento diario de agua.**

El requerimiento de agua necesaria para todo nuestro sistema es de 33000litros

- **Carga dinámica total (C.D.T.)**

- **Calculo de la carga de bombeo de agua**

- ✓ **Carga dinámica total (CDT)**

$$CDT = CE + CD$$

$$CDT = [1 + 1.5 + 13] + [0.02 * (15.5 + 171)]$$

$$CDT = 19.23m$$

➤ **Ciclo hidráulico.**

No.	Municipio	Departamento	Volumen de agua necesario (m ³ /día)	C.T.D (m)	Ciclo Hidráulico (m ⁴)
1	San Fco Libre	Managua	33	19.23	634.59

➤ **Recurso solar y ángulo de inclinación.**

El angulo de inclinación será 13 grados porque Nicaragua se encuentra aproximadamente 13 grados latitud norte

➤ **Selección de la bomba**

A continuación se realiza la selección de la bomba, el controlador y la configuración de los módulos fotovoltaicos, utilizando los datos de obtenidos

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA CÍTRICOS (NARANJA) EN LA FINCA OJO DE AGUA CON ENERGIA RENOVABLE (SOLAR) EN EL MUNICIPIO DE "SAN FRANCISCO LIBRE" DEPARTAMENTO DE MANAGUA

No	Municipio	Departamento	Volumen de agua necesario(l/dia)	C.T.D (m)	Horas sol
1	San Fco Libre	Managua	330000	19.23	5-6

La bomba que se utilizara es bomba KyoceraSC 1000 105-30

➤ **Dimensionamiento del arreglo fotovoltaico.**

INFORMACION DEL MODULO FOTOVOLTAICO	
Marca y modelo Isofoton I 100	
Tipo Monocrystalino	
Vmp 17.4	Voc 21.6
Imp 5.74	Isc 6.54

27	Corriente del Proyecto (A)	28	Factor de reducción del módulo (decimal)	29	Corriente ajustada Del proyecto (A)	30	Corriente Imp del módulo (A)	31	Módulos en paralelo (núm. entero)
26	7.22	/	0.95	=	7.6	/	5.74	=	2

32	Voltaje nominal del sistema (V)	33	Voltaje Vmp del módulo (V)	34	Módulos en serie	35	Módulos en paralelo	36	Total De Módulos	37	Corriente Imp del módulo (A)	38	Voltaje Vmp del módulo (V)	39	Tamaño del arreglo fotovoltaico (W)
20	120	/	17.4	=	7	X	2	=	14	X	5.74	X	17.4	=	1398

Capítulo VI

Resultado

6.1. Resultados del diseño del sistema de riego

6.1.1 Diseño agronómico

Evapotranspiración potencial	5.58 mm/día
Evapotranspiración del cultivo	4.86 mm/día
Necesidades Diarias por Planta	101.24 litros
Área mojada por el emisor	9 m ²
Tiempo de riego	6 hrs
Numero de Sectores	2

6.1.2 Diseño hidráulico

Caudal de trabajo de los goteros	8 l/h
Presión de entrada en los goteros (altura del tanque)	13 m
Perdidas de carga en la tubería lateral	1.09 m
Perdidas de carga en la tubería secundaria	1.63 m
Perdidas de carga en la tubería principal	1.3 m
Perdidas de carga total	4.02 m
Volumen del tanque requerido	33000 litros

Se utilizaran dos tanques de almacenamiento debido al volumen requerido no existe un tanque comercial con esa capacidad	25000 litros y 10000 litros
--	------------------------------------

6.1.3 Diseño del sistema fotovoltaico

Requerimiento de agua	33000 litros/día
Ciclo hidráulico	634.59 m ⁴
Recurso solar y angulo de inclinación	6h solar y angulo de inclinación 13°
Bomba	Kyocera serie sc 1000 105-30
Controlador	Cc 2000
Modulo fotovoltaico	Isofoton i-100/12
Modulo en serie	7
Modulo en paralelo	2
Total de módulos	14
Cable	12
Tuberia	2"
Sensores de nivel de agua	Ss100

6.1.4. Resultados del analisis de suelo

A continuación presentamos los resultados obtenidos del análisis de suelo realizado a las diferentes profundidades.

Cuadro #1. Resultados del pH del suelo:

Descripción	pH H ₂ O	Clasificación
Muestra de 0 a 30 cm	6.92	Neutro
Muestra de 30 a 60 cm	7.60	Alcalino
Muestra de 60 a 90 cm	8.18	Alcalino
Muestra de 90 a 120 cm	7.93	Alcalino

Cuadro #2. Resultados del porcentaje de Materia Orgánica en el suelo:

Descripción	MO	Pobre	Medio	Alto
	%	<2	2 a 4	>4
Muestra de 0 a 30 cm	12			X
Muestra de 30 a 60 cm	10.6			X
Muestra de 60 a 90 cm	0.40	X		
Muestra de 90 a 120 cm	0.60	X		

Cuadro #3. Resultados del porcentaje de Nitrógeno en el suelo:

Descripción	N	Pobre	Medio	Alto
	%	<0.07	0.07 a 0.15	>0.15
Muestra de 0 a 30 cm	0.6			X
Muestra de 30 a 60 cm	0.53			X
Muestra de 60 a 90 cm	0.02	X		
Muestra de 90 a 120 cm	0.03	X		

Cuadro #4. Resultados del contenido de Fósforo en el suelo:

Descripción	P	Pobre	Medio	Alto
	ppm	<10	10 a 20	>20
Muestra de 0 a 30 cm	2.3	X		
Muestra de 30 a 60 cm	0	X		
Muestra de 60 a 90 cm	0.6	X		
Muestra de 90 a 120 cm	0	X		

Cuadro #5. Resultados del contenido de Potasio en el suelo:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA CÍTRICOS (NARANJA) EN LA FINCA OJO DE AGUA CON ENERGIA RENOVABLE (SOLAR) EN EL MUNICIPIO DE "SAN FRANCISCO LIBRE" DEPARTAMENTO DE MANAGUA

Descripción	K-disp	Pobre	Medio	Alto
	me/100 gr	<0.2	0.2 a 0.3	>0.3
Muestra de 0 a 30 cm	0.21		X	
Muestra de 30 a 60 cm	0.06	X		
Muestra de 60 a 90 cm	0.09	X		
Muestra de 90 a 120 cm	0.07	X		

Cuadro #6. Resultados del contenido de Calcio en el suelo:

Descripción	Ca	Pobre	Medio	Alto
	me/100 gr	<2.5	2.5 a 5.5	>5.5
Muestra de 0 a 30 cm	16.07			X
Muestra de 30 a 60 cm	16.65			X
Muestra de 60 a 90 cm	23.93			X
Muestra de 90 a 120 cm	24.93			X

Cuadro #7. Resultados del contenido de Magnesio en el suelo:

Descripción	Mg	Pobre	Medio	Alto
	me/100 gr	<0.3	0.3 a 10	>10
Muestra de 0 a 30 cm	3.62		X	
Muestra de 30 a 60 cm	5.17		X	
Muestra de 60 a 90 cm	11.05			X
Muestra de 90 a 120 cm	14.90			X

Cuadro #8. Resultados de Textura del suelo:

Descripción	Clase Textural	Partículas		
		Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)
Muestra de 0 a 30 cm	Arcillosa	52.54	30	17.6
Muestra de 30 a 60 cm	Arcillosa	60.40	22	17.6
Muestra de 60 a 90 cm	Arcillosa	66.40	12	21.6
Muestra de 90 a 120 cm	Arcillosa	64.40	12	23.6

Resultados del análisis de agua

Cuadro #9. Clasificación del agua según la USDA.

Conductividad Eléctrica del Agua (µS/cm)	RAS	Clasificación	Interpretación
50	0.89	C1-S1	Agua de Salinidad baja y Bajo contenido en Sodio. Apta para el Riego.

Capítulo VII

Conclusiones y Recomendaciones

CONCLUSIONES

- Según los resultados del análisis de agua realizado en la finca, la fuente de abastecimiento presenta baja salinidad, siendo aptas para riego.
- Según los resultados del análisis de agua realizado en la finca, la fuente de abastecimiento presenta salinidad baja y bajo contenido de sodio, siendo aptas para riego con la clasificación C1-S1, según la USDA.
- El diseño agronómico nos determino la cantidad de agua que se ha transportar en las tuberías, correspondiente a las necesidades de riego en las épocas de máxima necesidad
- El diseño geométrico se elaboro con el propósito de facilitar el acceso al área de riego y que todas las plantas tengan sus goteros, ya que los productores buscan tener la mayor cantidad de plantas posibles y que les resulten las mayores ganancias posibles
- El diseño hidráulico nos determino los componentes necesarios. Dimensiones de la red y funcionamiento de la instalación de riego, de tal manera que se puedan aplicar las necesidades de agua del cultivo en el tiempo que se haya establecido teniendo en cuenta el diseño agronómico precisamenterealizado

- El diseño geométrico se realizó de acuerdo a los datos obtenidos en el levantamiento topográfico y el diseño agronómico, lo cual nos facilitó distribuir el número de sectores y los laterales a utilizar, además se ubicó el tanque en la elevación más alta para la buena distribución del agua.

- La elección de la bomba se hizo de acuerdo a la gráfica utiliza, en la cual se utilizan dos parámetros la carga dinámica total (CDT) y las horas de sol disponibles para el sistema. La bomba que se utilizara es una Kyocera serie SC 1000 105-30

- El controlador de la bomba es un CC2000 adecuado para trabajar con las bombaskyocera con un sensor SS-100 para evitar el que la bomba se destruya

- El sistema fotovoltaico que se eligió se hizo en base a las cantidades de horas de insolación que proporciona el sitio de estudio, el cual utiliza módulos Isofoton I-100/12 de tipo monocristalino.

- El requerimiento de agua necesaria será de 33000 litros se construirán dos torres con tanques de almacenamiento con capacidad de 25000 litros y 1000 litros de agua debido a que volumen requerido no existe un tanque comercial con esa capacidad

RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis financiero para determinar si es o no viable la realización del proyecto.
- Capacitar al personal para la buena utilización del sistema y así este trabaje con mayor eficiencia.
- Hacer el diseño de una obra de captación y utilizar un desarenador para que así el sistema no presente algún contratiempo y así evitar toda pérdida de agua.
- Reforestar a las orillas de la fuente de agua, para que así no pierda su caudal y así evitar que el sistema de riego deje de funcionar.
- Brindarle información al productor de cómo manejar el sistema, para que tenga la capacidad de mantenerlo funcionando con la mayor eficiencia posible.

BIBLIOGRAFIA

1. Apuntes de clase de Riego:
 - Dr. Álvaro Aguilar.
 - Msc. Henry Loaisiga.
 - Ing. Horacio Gonzales
2. Datos Meteorológicos de la Estación de San Francisco Libre. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) 2006.
3. Fuentes, J.L. Técnicas de Riego. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.1998
4. Valverde, J.C. Riego y Drenaje. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 2000.
5. Pizarro, Fernando, Riegos localizados de alta frecuencia, 3era edición, Edición mundo y prensa, 1996, Madrid.
6. Michael G. Thomas. Opción Solar para el Bombeo de Agua. DesingAssistence Center. Sandía National Laboratories. Albuquerque Nero Mexico USA. 87185.
7. "Manual de Capacitación de Sistemas Fotovoltaicos", Solavolt International 1986.
8. Suni Solar S.A. Manual de Instalación de Bombas Solares con Paneles Fotovoltaicos, Managua, Nicaragua 2001.
9. Zuñiga, Edgar. Diseño fácil del riego a presión. Editorial Universidad Nacional Heredia (EUNA), 2001.
10. Ivette Sanchez Ruiz y AlvaroGomez Flores "Evaluación del sistema de riego por goteo aplicando Energía Eólica

mediante un aerogenerador para el cultivo de la granadilla (*passifloraquadrangularis l*) en la finca Talolinga, Belen, Rivas", 2005.

11. Carolina Barreto y Ulda Cornejo "Estudio de la eficiencia del riego por goteo aplicando energía fotovoltaica en el bombeo para el pimiento dulce", 2003.
12. Paginas consultadas: www.infoagro.com, www.riego.com, www.ruleindustries.com y www.dripworksusa.com