



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
INGENIERÍA AGRÍCOLA

**PROYECTO DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO
ENERGÍA SOLAR PARA EL CULTIVO DE AGUACATE EN
LA FINCA OJO DE AGUA EN LA LOCALIDAD DE SAN
FRANCISCO LIBRE.**

Trabajo Monográfico Elaborado por:

Br. Arceda, Milton Rafael
Br. Hernández Flores, Ahiezer David

Como requisito para optar al título de:

Ingeniero Agrícola

Tutor:
Su Aguilar, Eduardo

Managua, Nicaragua – 2012

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Introducción

El proyecto está ubicado en la finca “Ojo de Agua” en el municipio de San Francisco Libre, la propiedad es de la ASOCIACION DE EDUCADORES POPULARES “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. Dado este caso se pensó en parcelas experimentales para luego extenderlas, una de estas parcelas es la del aguacate. De esta manera impulsar el aprendizaje que se realizaran en el proyecto en la asociación y en las comunidades cercanas.

El proyecto consiste en identificar la toma de agua de donde se abastecerá al cultivo, ya que es el primer paso para el adecuado funcionamiento del sistema de riego a instalar, para esto se necesita determinar los niveles del terreno para saber si las aguas de las pozas principales pueden llegar a un lugar más cerca del área, si esto no es posible se tendrá que conducir el agua por tuberías y depositarlas en un tanque que se ubicará cerca de el cultivo con la finalidad de obtener un mínimo de presión de trabajo que es lo que necesitan los goterones.

Se diseñó el sistema de bombeo fotovoltaico el que se instalará en la obra de captación para dicho sistema, esta funcionará por medio de energía solar (paneles solares) y se deberá hacer la planeación para el volumen de agua del tanque que se utilizará para distribuir el agua por el sistema de riego por goteo al cultivo.

Con el diseño del sistema de riego para 1.11mz de aguacate se determinó la distancia de siembra adecuada, la cantidad agua necesaria y a través de esto se calculó la cantidad de goterones que necesita cada árbol y a través del gasto de cada goterón se calculó el volumen del tanque que dará las presiones mínimas que necesita el sistema para su adecuado funcionamiento.

1.2. Objetivos

Objetivo general

- Diseñar un sistema de riego por goteo utilizando la energía solar para el cultivo de aguacate.

Objetivos específicos

- Realizar el diseño agronómico del riego por goteo
- Realizar el diseño hidráulico para el riego por goteo.
- Establecer el sistema fotovoltaico para el sistema de riego por goteo.

1.3. Antecedentes

En Nicaragua, el uso de energía solar no se ha desarrollado completamente en la actualidad para fines de riego, solamente es utilizada para fines de consumo residenciales.

San Francisco Libre tiene como su principal objetivo su reconstrucción y transformación, no sólo para afrontar la crisis consistente en la depredación de sus bosques, sino para lograr un desarrollo económico y social más equilibrado y sostenible.

Muchas zonas de Nicaragua son áridas, no por sus tierras, sino por la falta de agua para cultivarlas. Esta situación la sufren familias en municipios como: San Francisco Libre del departamento de Managua.

En la finca OJO DE AGUA que está localizada en el municipio de San Francisco Libre, según los datos recolectados en la fase explorativa, en esta finca no se ha realizado ningún tipo de práctica agrícola ya que en la actualidad sigue siendo una reserva con fines turístico y parte de la región se ha utilizado para la crianza de ganado.

La pobreza que vive la gente, es tal, que sin el uso de una tecnología que aproveche el agua de los pozos, ojos de agua y quebradas, es difícil que puedan garantizarse una producción estable y constante en sus patios y fincas.

1.4. Justificación

Los productores están usando el agua de una forma desordenada, sin ninguna especificación técnica que permita una distribución eficiente del recurso. Es un problema la falta de infraestructura de riego en el campo, ya que sus costos de manteniendo 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.

A través de este diseño se espera brindar información primeramente a los productores de la zona y luego a los pobladores de los alrededores, el proyecto consistirá en regar 1.11mz de terreno por medio de goteo utilizando energía solar para el cultivo de aguacate dicho documento servirá de referencia sobre los elementos a considerar previo a establecer el sistema de riego por goteo para el aguacate y de esta manera la finca ojo de agua no solamente tendrá los objetivos de conservar el medio ambiente sino también servirá de aprendizaje para los estudiantes de “nunca es tarde para aprender” los cuales los patrocinadores de los proyectos de riego son los que están impulsando el proyecto de “nunca es tarde para aprender” y su objetivo es que no solamente aprendan a leer y a escribir sino que aprendan a hacer un poco de todo y de esta manera podrán aumentar los pocos recursos que ofrecen algunas zonas como la de San Francisco Libre.

1.5. Generalidades del Área de Estudio

1.5.1. Localización del área de estudio

Tabla 1: Características del área de estudio.

Nombre del Municipio:	San Francisco Libre
Fecha de Fundación:	1,961
Extensión Territorial:	756 km. ²
Referencia Geográfica:	La cabecera municipal está ubicada a 79 kms. de Managua, capital de la República.
Posición Geográfica:	Ubicado entre las coordenadas 12° 30' latitud norte y 85° 18' longitud oeste.
Límites:	Al norte con el municipio de Ciudad Darío (Dpto. de Matagalpa). Al sur con el Lago de Managua. Al este con el municipio de Tipitapa. Al oeste con el municipio de El Jicaral (Dpto. de León).

Fuente: INETER

1.5.2. Macro Localización

Imagen 1 Satelital de la ubicación Departamento de Managua
Fuente: Google Earth



1.5.3. Micro Localización

Imagen 2 San Francisco Libre satelital de la ubicación del proyecto

Fuente: Google Earth



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Generalidades del Cultivo del Aguacate

2.1.1. Origen

El aguacate es originario de México, Colombia y Venezuela. Los primeros españoles que llegaron a América bautizaron a este fruto con el nombre de "pera de las Indias", dada su semejanza externa con las peras españolas. Los principales productores hoy día son: México, Brasil, Estados Unidos, Australia, Israel, China, Kenia, Sudáfrica y España.

Imagen 3: Fruto del aguacate



2.1.2. Clasificación Taxonómica

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Laurales

Familia: Lauraceae

Genero: Persea

Especie: *P. americana*

2.1.3. Morfología

Planta: árbol extremadamente vigoroso (tronco potente con ramificaciones vigorosas), pudiendo alcanzar hasta 30 m de altura.

Sistema radicular: bastante superficial.

Hojas: Árbol perennifolio. Hojas alternas, pedunculadas, muy brillantes.

Flores: flores perfectas en racimos sub terminales; sin embargo, cada flor abre en dos momentos distintos y separados, es decir los órganos femeninos y masculinos son funcionales en diferentes tiempos, lo que evita la autofecundación. Por esta razón, las variedades se clasifican con base en el comportamiento de la inflorescencia en dos tipos A y B. En ambos tipos, las flores abren primero como femeninas, cierran por un período fijo y luego abren como masculinas en su segunda apertura. Esta característica de las flores de aguacate es muy importante en una plantación, ya que para que la producción sea la esperada es muy conveniente mezclar variedades adaptadas a la misma altitud, con tipo de floración A y B y con la misma época de floración en una proporción 4:1, donde la mayor población será de la variedad deseada. Cada árbol puede llegar a producir hasta un millón de flores y sólo el 0,1 % se transforman en fruto, por la abscisión de numerosas flores y frutitos en desarrollo.

Fruto: baya unisemillada, oval, de superficie lisa o rugosa. El envero sólo se produce en algunas variedades y la maduración del fruto no tiene lugar hasta que éste se separa del árbol.

2.1.4. Requerimientos Agroclimáticos

2.1.4.1 Temperatura

Rango 10 a 35°C, con un óptimo para fotosíntesis de 25 a 30°C. Sin embargo, las exigencias de temperatura varían dependiendo de la raza, para la raza mexicana la media óptima es de 20°C con una mínima invernal no inferior a -4°C, para la raza guatemalteca la media óptima está entre 22 y 25°C, con una mínima invernal no inferior a -2 °C y para la raza antillana la media oscila entre 24 y 26°C, con una mínima invernal no inferior a 0°C (Benacchio, 1983; Ibar, 1983)

La variedad Hass es sensible a heladas y puede presentar daños visibles cuando se expone por debajo de 10°C en plena floración puede afectar gran parte de las flores polinizadas en las últimas horas al interferir con la fertilización (INIFAP, 1996)

2.1.4.2 Humedad relativa

Requiere de una humedad ambiental relativamente alta, aún durante la época de secas. La humedad ambiental debe ser baja para evitar enfermedades fungosas.

2.1.4.3 Suelo

El aguacate se adapta a una gran gama de suelos, desde arenosos hasta arcillosos, siempre y cuando posean un buen drenaje interno.

Los suelos más recomendados son los de textura ligera, profundos, bien drenados con un PH neutro o ligeramente ácidos (5,5 a 7), pero puede cultivarse en suelos arcillosos o franco arcillosos siempre que exista un buen drenaje, pues el exceso de humedad propicia un medio adecuado para el desarrollo de enfermedades de la raíz, fisiológicas como la asfixia radical y fúngicas como fitoptora.

2.1.4.4 Pendiente

La topografía más apropiada es la ondulada, con pendientes inferiores a 30 por ciento. Se debe tener en cuenta que el suelo no debe tener más de 28 por ciento de contenido de arcillas. Cuando se siembra en pendiente hay que procurar hacer un buen terraceo o banqueo antes de establecer el cultivo, buscando asegurarle a la planta una parte plana y así evitar el volcamiento más adelante cuando empiece a cargar el árbol.

2.1.5. Manejo Agronómico

2.1.5.1 Siembra

El aguacate se puede propagar por semilla o por injerto. La propagación por semilla no es recomendable para plantaciones comerciales debido a la gran variabilidad que ocurre en producción y calidad de fruto.

La propagación por injerto es el método más apropiado para reproducir las variedades seleccionadas para cultivo comercial, ya que los árboles injertados son uniformes en cuanto a la calidad, forma y tamaño de la fruta.

2.1.5.2 Injerto.

La operación puede realizarse en el vivero o en el sitio definitivo de plantación; sin embargo, lo recomendable es hacerla en el vivero. El injerto se realiza cuando el tallo de la planta patrón tiene 1 cm. de diámetro (aproximadamente 6 meses después de la siembra) y a 10 cm. de la base. Debe realizarse en un lugar fresco y aireado para lograr una buena unión vascular entre el patrón y el injerto.

El método más difundido para injertar el aguacate es el de unión lateral aunque también da buenos resultados el injerto de púa terminal; sin embargo, también se practican otros como el injerto de escudete y el de hendidura, pero con menor éxito.

Una vez que el injerto ha pegado, entre los veintidós y treinta días después de realizado, se empieza a eliminar la parte superior del patrón. Esto se va haciendo paulatinamente hasta llegar al injerto. El corte debe ser hecho a bisel y cubierto con una pasta fungicida a base de cobre.

Los arbolitos están listos para el trasplante en la plantación entre los cuatro y seis meses después de que fue injertado.

2.1.5.3 Época de Siembra.

La época más recomendable para siembra en el lugar definitivo, es el inicio de las lluvias para lograr un buen crecimiento inicial de las plantas, sin embargo, es posible realizar la siembra en otra época si se cuenta con riego.

2.1.5.4 Distanciamientos de Siembra.

Los marcos de plantación vendrán dados por el tipo de suelo y la topografía, la variedad o cultivar (debido al vigor, hábito de crecimiento) y por las condiciones ambientales imperantes. A menor altura o mayor fertilidad las distancias deben ser mayores. En general, las distancias varían entre 7 m. x 9 m. a 10 m. x 12 m.; el espaciamiento es de 10 m. entre plantas y 10 m. entre hileras, es el más empleado.

2.1.5.5 Poda

El árbol de aguacate no requiere poda de formación. En los primeros tres años de desarrollo, los árboles de aguacate requieren poca atención en cuando a poda, pero luego se debe procurar mantenerlo bien formado, de manera que las labores culturales y la cosecha se faciliten.

Se deben podar las ramas de crecimiento vertical con altura excesiva, las ramas bajas o pegadas al suelo y los tallos débiles y enfermos.

2.1.5.6 Fertilización

Para definir la cantidad de abono que puede suministrarse a una plantación de aguacate, debe realizarse un análisis del suelo antes de establecerla y aproximadamente cada tres años, además del análisis foliar que es recomendable hacerlo cada año. Estos análisis indicarán si los niveles de nutrientes en el suelo y en la planta son satisfactorios.

Se pueden tomar como base para la fertilización del aguacate las siguientes sugerencias:

Al trasplante: 250 g de un fertilizante rico en fósforo como el de la fórmula 10-30-10.

Por cada año de edad del árbol, un kilo de un fertilizante rico en nitrógeno y potasio como el de la fórmula 18-5-15-6-2, repartido en tres aplicaciones, una a la entrada de las lluvias y las otras dos cada dos meses. La cantidad máxima de fertilizante es de 12 kilos para árboles de 13 años en adelante. Esta cantidad se mantendrá si la producción es constante. Cuando el árbol entra en producción, la fertilización nitrogenada debe incrementarse, ya que en el período comprendido entre el inicio de la floración y la maduración del fruto, el árbol demanda la mayor cantidad de nitrógeno. Se recomienda un kilogramo de urea adicional, a la dosis de la fórmula completa, 40 días después de la floración.

2.1.5.7 Recolección

Normalmente, la primera cosecha comercial ocurre a los cinco años en árboles injertados y la cantidad de frutos producidos depende de la variedad y la atención que haya recibido la planta en su desarrollo. A los cinco años, generalmente se cosechan cincuenta frutos; a los seis años, ciento cincuenta frutos; a los siete años, trescientos frutos y ochocientos a los ocho años.

El grado óptimo de madurez del fruto para realizar la recolección, es difícil de determinar por la diversidad de variedades y ambientes. La recolección se hace a mano utilizando escalera, se corte el pedúnculo por encima de la inserción con el fruto.

2.1.5.8 Coeficiente biológico del cultivo aguacate (Kc).

El coeficiente biológico del cultivo (Kc) se define como la relación entre la evapotranspiración real de un cultivo (ET), y la evapotranspiración de referencia (Eto), cuando el suministro de agua atiende plenamente las necesidades del cultivo. El valor de Kc varía con el cultivo y la etapa de desarrollo de este, y en cierta medida, con la velocidad del viento y la humedad. Para la mayoría de los cultivos el valor de Kc, aumenta desde el valor reducido en el momento de la nacencia hasta un valor máximo durante el periodo en que el cultivo alcanza su pleno desarrollo y declina a medida que madura el cultivo. El coeficiente del aguacate esta en anexo 3.

2.1.6. Manejo integrado de plagas

2.1.6.1 Insectos

1. Taladrador del tronco *Copturomimuspersea* Gunthe

Esta especie taladra el tronco, ramas y crecimientos nuevos. El ataque se manifiesta por la presencia de serrín blanco fuera del orificio que producen. Esta plaga puede provocar la muerte del árbol.

Cuando la plaga se presenta, se combate mediante la poda de las ramas afectadas, las cuales deben ser quemadas; después, se debe aplicar en los cortes una pasta que contenga fungicida e insecticida para prevenir el ataque de hongos e insectos, que puede ser la siguiente: sulfato de cobre (1 parte), cal (6 partes), agua (4 partes), y aceite agrícola (1 parte). Cuando el tronco tiene pocas perforaciones, puede aplicarse algún insecticida puro como un piretroide, en las perforaciones.

2. Talador de la semilla *Heilipusluari* Boh (Coleoptera: Curculionidae) *Heilipuspittieri* (Barber)

El adulto perfora la cáscara del fruto en donde deposita los huevos. Al nacer las larvas se introducen en la semilla de la cual se alimentan durante todo el estado larvario. Si el fruto es atacado cuando está pequeño se cae; si el ataque sobreviene cuando el fruto es adulto, no se cae pero con frecuencia se pudre debido al ataque secundario de microorganismos. El insecto adulto se alimenta de brotes, hojas y frutos. Una forma de control cultural consiste en recoger todos los frutos pequeños que caen al suelo y enterrarlos colocando una capa de 40 cm de tierra encima y si es posible rociar algún insecticida. Además se recomienda el control preventivo atomizando el fruto pequeño y el follaje cada veintidós días con los siguientes insecticidas: acetato o endosulfan. Las aplicaciones deben ser suspendidas veintidós días antes de la cosecha.

3. Trip del aguacate *Heliiothripshaemorrhoidalis* (Bouche) (Thysanoptera: Thripidae)

Su ataque provoca que la epidermis de los frutos y de las hojas se engrose y se agriete. La lucha mediante insecticidas es fundamental, como: diazinon, malation, acefato, monocrotofos, o piretroides.

4. Arragres o abeja congo *Trigonasilvestrianun* Vach. (Himenoptera: Apidae)

Estas abejas dañan el follaje y los frutos.

Una buena medida de combate es la quema de los nidos o la colocación de algún insecticida granulado en la boca de la colmena.

El control químico se realiza atomizando el fruto y el follaje con uno de los siguiente insecticidas, teniendo presente el tiempo de espera hasta la cosecha: malation o fenthion. Es recomendable agregar dos litros de melaza o miel de purga a 100 litros de solución de insecticida para atraer las abejas.

5. Perforador del fruto *Stenomemacatenifer* Publicidad

La larva se introduce en el fruto cuando está en desarrollo y perfora la piel y la pulpa. Para su combate, se recomiendan aplicaciones mensuales de insecticida, a partir del momento en que el fruto está recién cuajado con carbaril. También es muy importante recoger los frutos caídos, destruirlos y quemarlos.

6. Gusano arrollador de la hoja *Platynota* spp

Es una larva color verde claro que adhiere una hoja nueva con otra. Raspa la epidermis inferior de las hojas y produce su desecación que se puede extender a todo el follaje. El control se realiza con insecticidas, cuando se inicia el brote de renuevos foliares; se puede utilizar el oxidemeton-metil o el tricolorfon.

2.1.6.2 Ácaros

1. Arañitas rojas *Oligonychus perseae* (Acarina: Tetranychidae)

Forma colonias por el envés de las hojas y a los lados; en el haz se producen manchas amarillentas. Se presenta en la época seca. Se combate con acaricidas convencionales sólo si el daño es muy severo.

2. Acaro de las agallas *Eriophyes* sp. (Acarina: Eriophyidae)

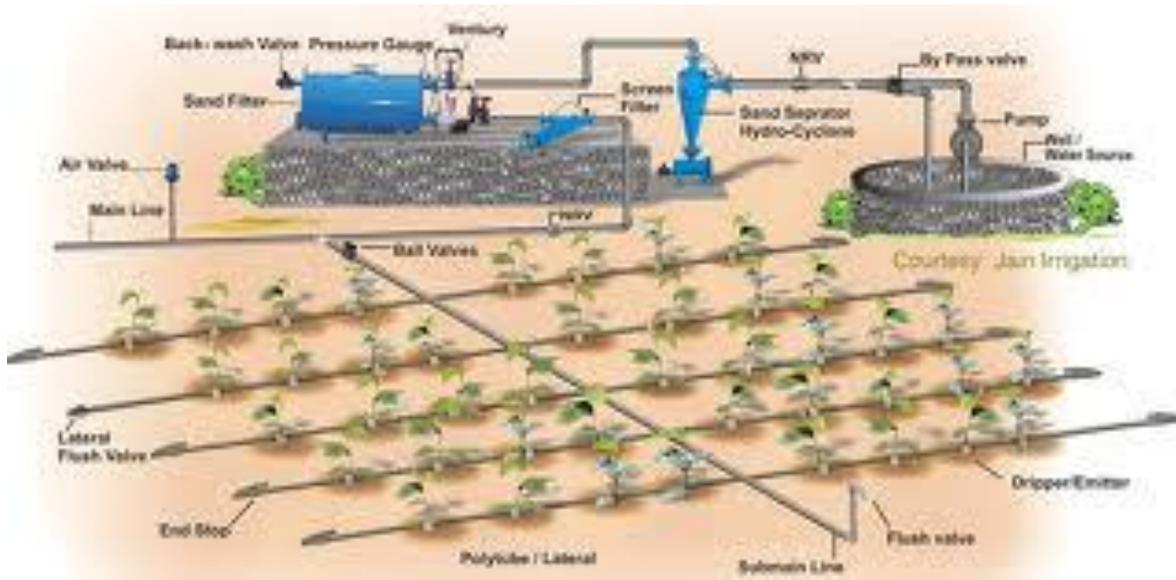
Su ataque provoca la formación de agallas sobre las hojas tiernas que paralizan su desarrollo. Para *Oligonychus* y *Eriophyes* se recomiendan acaricidas con azufre, tiometon. Para *Tetranychus* se recomienda azocyclopim o Bacillusthuringiensis. Los acaricidas se aplicarán sólo si el ataque es muy fuerte.

2.2. Generalidades del Sistema de Riego

2.2.1. Riego por goteo

El riego por goteo, igualmente conocido bajo el nombre de « riego gota a gota» es un método de irrigación utilizado en las zonas áridas pues permite la utilización óptima de agua y abonos.

Imagen 4: diseño del sistema de riego por goteo



El agua aplicada por este método de riego se infiltra hacia las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores (goteros). Esta técnica es la innovación más importante en agricultura desde la invención de los aspersores en los años 1930.

La eficiencia del sistema de riego por goteo es la más alta (90%-95%) y la distribución de las aguas es muy uniformada. El régimen de aplicación (intervalos entre riegos y cantidad de agua), puede ajustarse exactamente de acuerdo con las condiciones del suelo y el cultivo.

2.2.1.1 Eficiencia

La eficiencia del sistema de riego por goteo es la más alta (90%-95%) y la distribución de las aguas es muy uniformada. El régimen de aplicación (intervalos entre riegos y cantidad de agua), puede ajustarse exactamente de acuerdo con las condiciones del suelo y el cultivo.

El sistema de riego por goteo permite regar muy frecuentemente con pequeñas cantidades de agua, de manera que el suelo esta permanente húmedo, con buena relación entre agua y aire. Es posible aprovechar las aguas las veinticuatro horas del día, sin supervisión continua de riego.

2.2.1.2 Ventajas

1. -Ahorro entre el 40 y el 60% de agua respecto a los sistemas tradicionales de riego
2. -Reducción muy significativa en mano de obra. No sólo en la vigilancia del riego sino, y sobre todo, por la menor incidencia de las malas hierbas en el cultivo.
3. -Economía importante en productos fitosanitarios y abonos.
4. -Incremento notable en la producción.
5. -Incremento notable en la calidad de los productos.
6. -Posible utilización de aguas de baja calidad en otras épocas consideradas inservibles para riego
7. -Adaptación a todo tipo de superficies y desniveles en su relieve natural sin inversión en la nivelación y transporte de tierras
8. -Reducción en el lavado del suelo por acumulación de sales.

2.2.1.3 Inconvenientes

1. -Depauperación del suelo. En zonas muy áridas y con poca posibilidad del lavado del suelo el uso durante años de aguas de mala calidad puede depauperar el suelo hasta límites de devastación total.

2. -La obstrucción de los orificios de riego. Como veremos a continuación para evitar que las partículas y sedimentos en suspensión, habituales en las aguas de riego, obstruyan los goteros es imprescindible una instalación compleja y previa a la salida de las mismas lo que hace que el sistema resulte costoso y, por tanto, que debamos plantearnos previamente la rentabilidad del tipo de cultivos a establecer.
3. -Un inconveniente a tener en cuenta es que este riego no protege a las plantas sensibles a heladas en zonas habitualmente frías.
4. -Complejidad de las instalaciones.

2.2.2. Componentes necesarios para la instalación del riego por goteo

2.2.2.1. Cabezal de riego:

Es el conjunto que forman el sistema de filtrado y el de abonamiento o fertilización con sus correspondientes válvulas y accesorios. Junto con las tuberías y los goteros forman los elementos fundamentales del sistema.

Todos estos elementos los encontramos en el cabezal de riego.

- Medidores de presión.
- contadores volumétricos.
- Electroválvulas.
- Válvulas seccionadoras.
- Válvulas limitadoras de caudal.
- Válvulas reguladoras de presión.
- Programadores.

2.2.2.2. Equipo de filtración:

Imprescindible para filtrar las aguas que, bien provengan de estanques al aire libre o de pozos y sobre todo de los ríos, nunca garantizan su limpieza. Es más, si el sistema se fundamenta en el racionamiento del agua y su buena y uniforme distribución a través

de unos agujeros en las tuberías o unos dispositivos calibrados para efectuar la gota a gota (goteros) es elemental que garanticemos la limpieza de las aguas.

2.2.2.3. Sistemas de filtrado:

Hay muchos y evidentemente todos tratan de conseguir la limpieza del agua de partículas extrañas entre los cuales están:

Malla: como su nombre lo indica, su elemento filtrante es una malla metálica o plástica. Sobre esta se van depositando las partículas que tienen un tamaño mayor al orificio que dejan las rejillas. Existen filtros de malla con sistema de lavado manual, semi – automático o automáticos. En aquellos que tienen lavado automático, este se realiza generalmente con una boquilla que se desplaza por la malla y que succiona las basuras depositadas en su superficie. Estas son eliminadas del filtro por diferencial de presión.

Imagen 5: Filtros de malla



2.2.2.4. Goteros:

Son los elementos cuya misión no es otra que le de aplicar el agua a las plantas a cultivar. Son también de diversas clases y modalidades pero todos ellos han de reunir al final las condiciones de regular el caudal adecuadamente y tener el orificio del tamaño adecuado para que se eviten las obstrucciones que constituyen el principal

problema de esta modalidad de riego. El que nosotros vamos a utilizar en el diseño del sistema es el Mini Inlain con un caudal de 8 lts/hrs.

Pinchados: Se insertan en una perforación que se realiza en una pared de la tubería de PE. La pérdida de carga puede ser causada por un laberinto o bien de Vortex.

Imagen 6: gotero pichardo



2.2.2.5. Tuberías:

Evidentemente la red de tuberías con sus distintos diámetros, reductores y accesorios son, digamos, como la estructura del riego por goteo. El hecho de que hoy exista el PVC, y otros derivados del petróleo, han facilitado y ayudado a la difusión de este sistema por sus ventajas de transporte, su facilidad en el corte y en el pegado y al mismo tiempo la dureza y resistencia ante los cambios de temperatura han hecho que el fibrocemento se deje sólo para las redes principales de grandes cultivos. De las cuales nosotros utilizaremos para el diseño con tubería de PVC y de polietileno.

a. Tubería de PVC

Tubería de PVC existe hasta 235 psi y desde ½ hasta 48 pulgadas de diámetro ideales para el transporte de agua potable y sistemas de irrigación para aplicaciones de agricultura y campos de golf. Sistema de unión con campana y anillo conforme a la norma ASTM F477 y ASTM D3139.

b. Tubería de polietileno

Existen diferentes tipos:

- Polietileno de baja densidad (PE-BD) de densidad igual o inferior a 0,93 gr/cm³.
- Polietileno de media densidad (PE-MD) de igual densidad que el de alta.
- Polietileno de alta densidad (PE-AD) de densidad superior a 0,94 gr/cm³.

2.2.2.6. Red de distribución

La red de distribución es la encargada de conducir el agua desde el cabezal a las plantas, y está compuesta por:

a) Primaria o principal: transporta el agua desde el cabezal de riego (bomba, filtros e inyector de fertilizante) a la línea de distribución. Normalmente de PVC y de DN mayor a la secundaria.

En la intersección de la principal con la secundaria se instalan válvulas eléctricas o manuales que permiten la entrada de agua hacia la secundaria y por consiguiente, a los laterales.

b) Secundaria: Bajo tierra, encargada de conducir el agua de la tubería principal a los laterales, actuando como cabecera de la línea porta emisor o lateral. Generalmente de PVC.

c) Lateral: es la línea que contienen los emisores. Generalmente de PE y de DN 12, 16 y 20 mm.

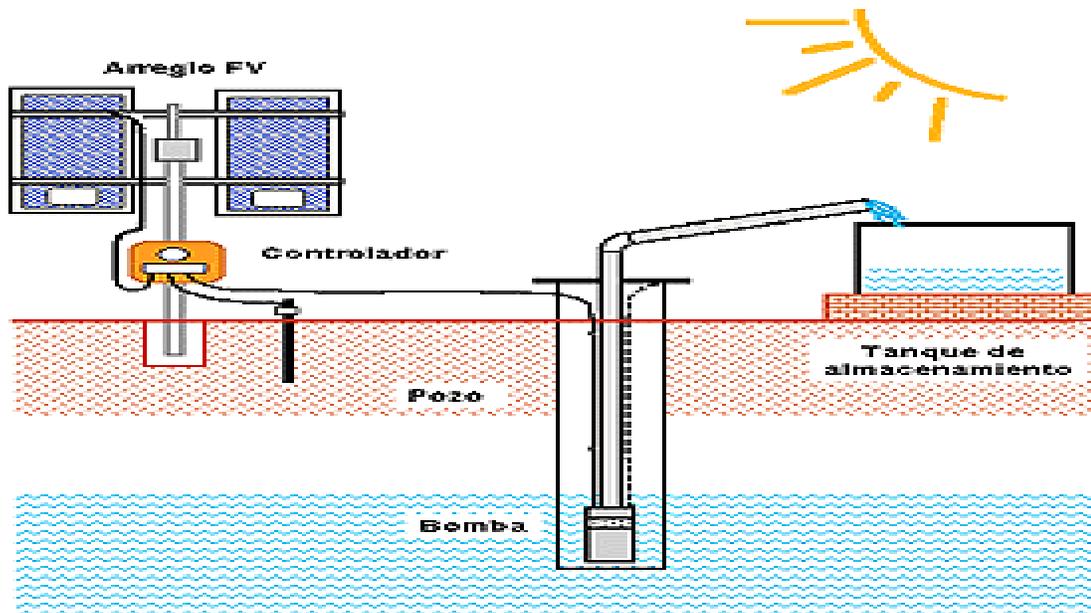
2.3. Principios Básicos de la Electricidad

Fotovoltaica.

2.3.1. 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.

Imagen 7: sistema de energía fotovoltaica



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

2.3.1.1 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.

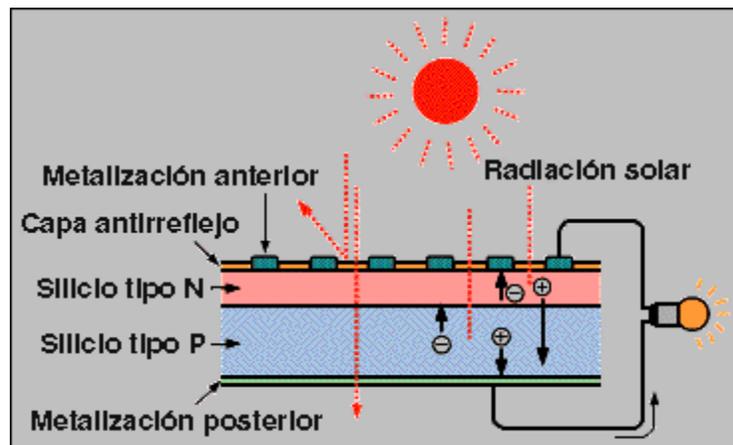
La energía solar se encuentra disponible en todo el mundo. Algunas zonas del planeta reciben más radiación solar que otras, sin embargo, los sistemas fotovoltaicos tienen muchas aplicaciones. En el caso particular de América Central, los sistemas fotovoltaicos son una alternativa muy interesante, desde 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.

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.

Imagen 8: Efecto fotovoltaico en una célula solar



2.3.1.2 Inclinação del arreglo fotovoltaico

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.

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 con un inclinación de 13 grados.

2.3.2. Características de los elementos que forman un sistema fotovoltaico.

2.3.2.1 Paneles solares

La corriente y potencia de salida de un modulo fotovoltaico o panel solar es aproximadamente proporcional a la intensidad a la luz que este capta. A una intensidad de luz determinada, el voltaje y la corriente de salida de un panel solar se obtiene por la característica de la carga. Si la carga es una batería, la resistencia interna de esta determinara el voltaje de operación de nuestro panel.

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

Los datos usualmente encontrados en un panel solar son: el voltaje del circuito abierto, corriente de corto circuito y la potencia máxima. Todos estos datos indican las características del panel solar cuando no presentan ningún aparato eléctrico conectado a este o baterías y además son medidos a una intensidad de luz de pleno sol intenso y radiante, sin nubes es de un Kw por hora llamada AM1.

2.3.2.2 El Regulador o Controlador de Carga

Este es un dispositivo electrónico, que controla tanto el flujo de la corriente de carga proveniente de los módulos hacia la batería, como el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hacia las lámparas y demás aparatos que utilizan electricidad. Si la batería ya está cargada, el regulador interrumpe el paso de corriente de los módulos hacia ésta y si ella ha alcanzado su nivel máximo de descarga, el regulador interrumpe el paso de corriente desde la batería hacia las lámparas y demás cargas.

Existen diversas marcas y tipos de reguladores, se recomienda adquirir controladores tipo serie con desconexión automática por bajo voltaje (LVD) y con indicadores luminosos del estado de carga. Estas opciones permiten la desconexión automática de la batería cuando el nivel de carga de ésta ha descendido a valores peligrosos.

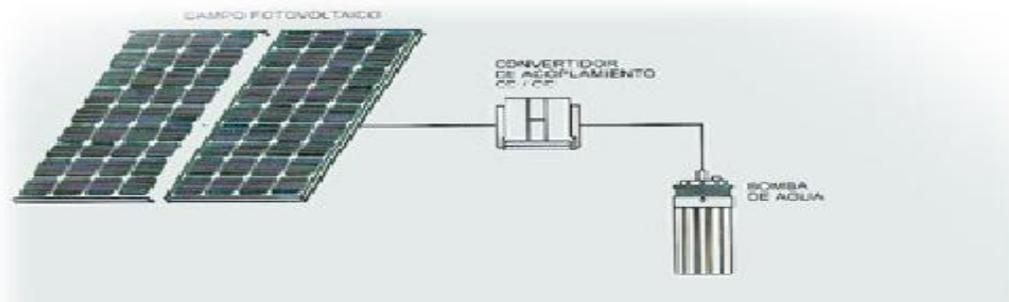
Generalmente, el regulador de carga es uno de los elementos más confiables de todo sistema fotovoltaico, siempre y cuando se dimensione e instale correctamente.

2.3.2.3 Protección contra flujo reverso de corriente

Los paneles solares o módulos fotovoltaicos pueden recibir potencias de las baterías, en vez de producirlas para cargarlas, ya sea durante la noche o en periodo de nubosidad si no están protegidas. Esta entrega de potencia de las baterías a los paneles solares se les llama fuga. Esta fuga evidentemente produce pérdidas de potencia en la batería. Para prevenir este fenómeno es necesario instalar el diodo, en su forma más simple, o un circuito de protección, en caso de mayor dosificación, al controlador.

El diodo hace que la corriente eléctrica circule en una sola dirección hacia la batería. Vemos pues que este dispositivo semi conductor actúa como una válvula de una vía, dejando que la corriente fluya en una sola dirección hacia las baterías, pero no de regreso hacia nuestro panel.

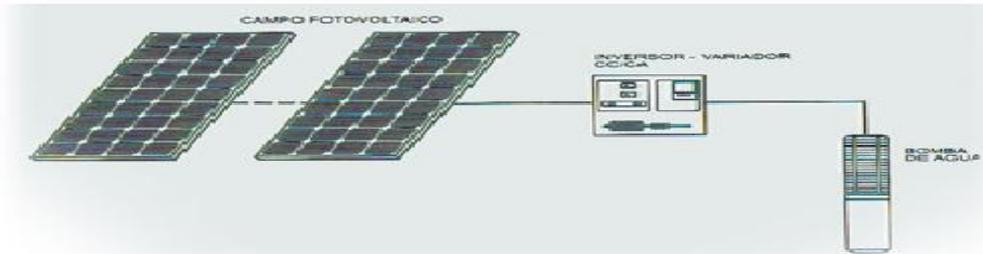
Imagen 9: instalación solar fotovoltaica sin inversor, utilización a 12Vcc



Una vez almacenada la energía eléctrica en el acumulador hay dos opciones: sacar una línea directamente de éste para la instalación y utilizar lámparas y elementos de

consumo de 12 ó 24 Vcc (primer esquema) o bien transformar la corriente continua en alterna de 230 V a través de un inversor (segundo esquema).

Imagen 10: instalación solar fotovoltaica con inversor, utilización a 230Vca



Si en vez de un panel solar se instala un aerogenerador el sistema se denomina eólico. Si se instalan ambos será un sistema mixto. En este caso cada uno debe llevar su propio regulador.

2.2.4.1 Protección contra sobre corriente

Las baterías tienen un potencial para descargar altas cantidades de energía en muy corto periodo de tiempo, de forma que pueden dañar definitivamente los cables conectores. Es por eso que se necesita algún tipo de protección contra el exceso de corriente no tanto por los paneles solares pero si para proteger las baterías y los alambres conductores.

Los paneles solares están limitados a cuanto a la corriente que ellos pueden entregar. Los dispositivos utilizados para proteger las baterías y los alambres conductores contra sobre corriente son fusibles, en su forma más simple, o se puede utilizar breakers, de tal manera que si la corriente excede los límites ya establecidos el circuito se abrirá y no ocurrirá ningún daño. El sistema fotovoltaico típico se usa tanto energía AC como energía DC, en donde es mas usual encontrar en el comercio dispositivos para protección contra sobre corriente AC, los cuales son indicados para acoplar en la salida del inversor. Por último lo mas primordial y de importancia en nuestro sistema fotovoltaico es colocar un fusible que limite la corriente, del cual desconecte la batería totalmente a cualquier corto circuito que ocurra.

2.3.3. Mantenimiento del sistema fotovoltaico.

Las instalaciones fotovoltaicas requieren un mantenimiento mínimo y sencillo, que se reduce a las siguientes operaciones:

2.3.3.1. Paneles

Requieren un mantenimiento nulo o muy escaso, debido a su propia configuración: no tienen partes móviles y las células y sus conexiones internas están encapsuladas en varias capas de material protector. Es conveniente hacer una inspección general 1 ó 2 veces al año: asegurarse de que las conexiones entre paneles y al regulador están bien ajustadas y libres de corrosión. En la mayoría de los casos, la acción de la lluvia elimina la necesidad de limpieza de los paneles; en caso de ser necesario, simplemente utilizar agua y algún detergente no abrasivo.

2.3.3.2. Regulador:

La simplicidad del equipo de regulación reduce sustancialmente el mantenimiento y hace que las averías sean muy escasas. Las operaciones que se pueden realizar son las siguientes: observación visual del estado y funcionamiento del regulador; comprobación del conexionado y cableado del equipo; observación de los valores instantáneos del voltímetro y amperímetro: dan un índice del comportamiento de la instalación.

2.3.4. Sistema de Bombeo de Agua por energía 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 si 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 con un máximo de 18 gpm para una presión de 15 mca, se pueden encontrar caudales mayores sin embargo las cargas van disminuyendo a medida que estos aumentan en las bombas diseñadas hasta la fecha.

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 éstas 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. La capacidad de elevación se mantiene aún con un bombeo lento. Estos mecanismos incluyen: el diafragma, el impulsor y las bombas de pistón. Estas difieren de una bomba centrífuga convencional que necesita girar rápidamente para funcionar eficientemente. Las bombas centrífugas se usan en donde se requieren mayores volúmenes.

Puede usarse un rastreador solar para inclinar los paneles FV a medida que el sol se desplaza en el cielo. Con más horas pico de luz solar, pueden usarse una bomba y un

sistema eléctrico más pequeños, reduciendo así los costos totales. El rastreo funciona mejor el clima soleados y despejados. El almacenamiento es importante. Podría requerirse una reserva de 3 a 10 días dependiendo del clima y del uso del agua.

Tabla 2: El siguiente cuadro es para una mejor interpretación de las variables a tomar en cuenta durante el diseño del sistema fotovoltaico:

Descripción de las variables:		
Variable	Descripción	Unidad de entrada
Volumen de agua necesario por día	Requerimiento de agua diario para satisfacer las necesidades del usuario.	Litros/día (l/día)
Insolación del sitio	Horas de insolación diaria.	Horas pico/día (h-pico/día)
CDT	Carga Dinámica Total. Es la suma de la carga causada por la carga estática y la fricción.	Metros (m)
367	Factor de conversión de unidades. Se usa para calcular la energía (en watts-hora) necesaria para levantar un litro de agua una distancia de un metro. Este valor es una constante física.	A dimensional
Eficiencia de la Bomba	Es la proporción de energía eléctrica trasformada a energía hidráulica. Los rendimientos diarios varían con la CDT, la insolación y el tipo de bomba. Esta información es brindada por el fabricante.	Porcentaje (%)
Voltaje de operación	Voltaje nominal de admisión del sistema en el controlador o inversor. Esta es brindada por el fabricante de la bomba seleccionada.	Voltios (V)
Carga eléctrica de la Bomba	Carga de eléctrica producida por la bomba.	Amperios hora por día (Ah/día)

PROYECTO DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR PARA EL CULTIVO DEL AGUACATE EN LA FINCA OJO DE AGUA EN LA LOCALIDAD DE SAN FRANCISCO LIBRE.

Factor de rendimiento del conductor	Los conductores eléctricos bien seleccionados tienen una eficiencia aproximada de 95% en los sistemas de bombeo solar.	Porcentaje (%)
Corriente del proyecto	Corriente necesaria para satisfacer la carga del sistema.	Amperios (A)
Factor de reducción del módulo	Los módulos fotovoltaicos pierden su eficiencia debido a las condiciones de trabajo del campo. Esto se debe al efecto de degradación con el tiempo, polvo en la superficie, cargas desiguales y algunas otras condiciones. Tomar una eficiencia de 95% en módulos cristalinos y 70% en módulos amorfos.	Porcentaje (%)
Corriente I_{mp} del módulo	Corriente a máxima potencia I_{mp} proporcionada por el fabricante del módulo fotovoltaico	Amperios (A)
Voltaje V_{mp} del módulo	Voltaje de máxima potencia V_{mp} del módulo. Esta información es brindada por el fabricante.	Voltios (V)
Módulos en paralelo	Cantidad de módulos conectados en paralelo. Si el valor encontrado no es un número entero, debe seleccionarse un número entero inmediatamente superior.	A dimensional
Módulos en serie	Cantidad de módulos conectados en serie. Si el valor encontrado no es un número entero, debe seleccionarse un número entero inmediatamente superior.	A dimensional

Fuente: Propia

CAPITULO III

CARACTERISTICAS

DE LA ZONA DE

ESTUDIO

3.1. Condiciones Edafo-Climáticas

3.1.1. Viento

El viento es la variable de estado de movimiento del aire. En meteorología se estudia el viento como aire en movimiento tanto horizontal como vertical.

Los vientos mas fuertes en a la zona de San Francisco Libre se encuentran en el mes de marzo y alcanzan velocidades cerca de los 119 km/dia y los de mas baja velocidad se encuentran en septiembre y se mantienen en promedio de 44 km/dia

3.1.2. Temperatura

La temperatura atmosférica es el grado de calor que posee el aire en un momento y lugar determinado. Su origen se encuentra fundamentalmente en la influencia de los rayos solares sobre la atmosfera.

Esta temperatura es inversamente proporcional a la altitud; es decir, a mayor altitud menor temperatura y viceversa. La influencia de la altitud sobre la temperatura determina la existencia, en la zona geotérmica intertropical, de pisos térmicos y sus correspondientes pisos bióticos, en los cuales se desarrollan ciertas especies vegetales y animales que se adaptan a estas temperaturas.

La temperatura máxima promedio 34.8 °C en la zona de San Francisco libre.

3.1.3. Humedad relativa

La evaporación de la superficie de agua y en el suelo ocurre mas rápidamente cuando hay aire seco y caliente en movimiento que cuando existen condiciones de calma. Vientos secos y clientes que soplen durante el periodo de crecimiento, afectaran 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. La humedad relativa promedio es de 7.5 %

3.1.4. Evaporación

El fenómeno físico en el que el agua pasa de líquido a vapor.

Se produce evaporación desde:

La superficie del suelo y la vegetación en mediantemente después de la precipitación.

Desde las superficies de agua (ríos, lagos, embalses)

Desde el suelo, agua infiltrada que se evapora desde la parte mas superficial del suelo. Puede tratarse de agua recién infiltrada o en áreas de descarga de agua que se acerca e nuevo a la superficie después de un largo recorrido en el subsuelo.

3.1.5. Radiación solar

Es 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 a circulación del agua a través de las raíces, tallos y hojas, son acelerados por un incremento en la radiación solar. La radiación alcanzan valores máximos de 22.9 MJ/m/día en el mes de abril y valores mínimos de 17.4 en el mes de diciembre.

3.2. Propiedades Hídricas del suelo

3.2.1. Capacidad de campo

Corresponde, en principio a la máxima cantidad de agua que puede retener un suelo (capilar + ligada); de acuerdo con la definición se mide en el campo después de un periodo de lluvias y después de haber dejado escurrir el agua durante tres días, teniendo que estar protegido el suelo contra la evaporación.

3.2.2. Punto de marchites permanente (pmp)

Se conoce como tal al porcentaje o nivel de humedad del suelo al cual las plantas se marchitan en forma permanente. Si el suelo no recibe nuevos aportes de agua, la evaporación desde el suelo y la extracción por parte de las raíces hacen que el agua almacenada disminuya hasta llegar a un nivel en el que las raíces ya no pueden extraer agua del suelo.

El punto de marchitez no es un valor constante para un suelo dado, si no que varia con el tipo de cultivo. Se considera que el punto de marchitez permanente de un suelo coincide con el contenido de humedad que le corresponde a una tensión de 15 atmosferas. Cuando un suelo llega al punto de marchitez permanente ya no queda agua fácilmente aprovechable por las plantas por lo que estas mueren.

3.2.3. Limite productivo

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. Densidad del suelo

3.2.4.1 Densidad real o peso específico real.

Es el peso o densidad de las partículas que forman un suelo. Normalmente su cifra es próxima a 2.6 g/cm³ (2.5 a 2.7 g/cm³).

3.2.4.2 Densidad aparente o peso específico aparente.

Es la relación entre el peso de un volumen de tierra tomado en el suelo y seco, y el peso del mismo volumen de agua. Este concepto tiene en cuenta la textura, la estructura y la compactación.

3.2.5. Textura

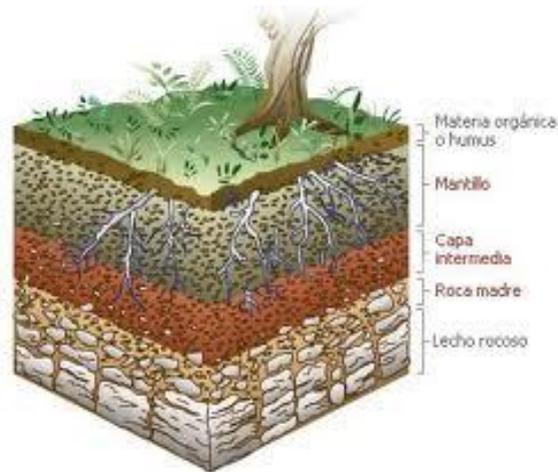
La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa. La textura general de un suelo depende de las proporciones de partículas de distintos tamaños que lo constituyen. Las partículas del suelo se clasifican como arena, limo y arcilla. Las partículas de arena tienen diámetros entre 2 y 0,05 mm, las de limo entre 0,05 y 0,002 mm, y las de arcilla son menores de 0,002 mm. Los valores encontrados en la finca Ojo de Agua puede verlos el el análisis de suelo en el cuadro # 9.

3.2.6. Estructura

Es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados. De acuerdo a esta característica se distinguen suelos de estructura esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en bloques), y granular (en granos).

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

Imagen 11: ejemplo de estructura del suelo



3.2.7. Porosidad

Como consecuencia de la textura y estructura del suelo tenemos su porosidad, es decir su sistema de espacios vacíos o poros. Los poros en el suelo se distinguen en: macroscópicos y microscópicos. Los primeros son de notables dimensiones, y están generalmente llenos de aire, en efecto, el agua los atraviesa rápidamente, impulsada por la fuerza de la gravedad. Los segundos en cambio están ocupados en gran parte por agua retenida por las fuerzas capilares. Los terrenos arenosos son ricos en macroporos, permitiendo un rápido pasaje del agua, pero tienen una muy baja capacidad de retener el agua, mientras que los suelos arcillosos son ricos en microporos, y pueden manifestar una escasa aeración, pero tienen una elevada capacidad de retención del agua.

3.2.8. Contenido de materia orgánica

Está compuesta por residuos animales o vegetales. Se trata de sustancias que suelen encontrarse en el suelo y que contribuyen a su fertilidad. De hecho, para que un suelo sea apto para la producción agropecuaria, debe contar con un buen nivel de materia orgánica: de lo contrario, las plantas no crecerán.

3.3. Análisis de suelo y de agua

3.3.1. Análisis de suelo.

A continuación se presenta los resultados obtenidos del Análisis de Suelo realizados, pertenecientes a la monografía. La metodología para el análisis de resultados se muestra en el anexo # 2.

3.3.1.1 PH:

Según los resultados obtenidos, el pH en la finca varia de ligeramente ácido (6.8) en las a ligeramente alcalino (7.71).

3.3.1.2 Materia Orgánica (M.O):

La materia orgánica en los diferentes profundidades varia de contenido medio a pobre, presentando un porcentaje medio de 1.51% en la finca. (Ver tabla 3).

Tabla 3: Resultados del contenido de materia orgánica del suelo en porcentaje.

Profundidad (cm)	M.O.	POBRE	MEDIO	ALTO
	%	< 2	2 a 4	> 4
0 -30	2.04		*	
30 – 60	1.43	*		
60 – 90	1.06	*		

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria.

3.3.1.4 Nitrógeno (N):

El contenido de nitrógeno varia de medio a pobre, presentando un porcentaje medio de 0.07 % en las. (Ver tabla 4).

Tabla 4: Resultados del contenido de nitrógeno en el suelo en porcentaje.

Profundidad (cm)	N (%)	POBRE	MEDIO	ALTO
		< 0,07	0,07 a 0,15	> 0,15
0 -30	0.10		*	
30 – 60	0.07		*	
60 – 90	0.05	*		

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria.

3.3.1.5 Fosforo (P):

El contenido de fosforo, presentando 1.96 ppm promedio en la finca. (Ver tabla 5).

Tabla 5: Resultados del contenido de fósforo en el suelo en partes por millón.

Profundidad (cm)	P (ppm)	POBRE	MEDIO	ALTO
		<10	10 a 20	>20
0 -30	4.54	*		
30 – 60	0.52	*		
60 – 90	0.84	*		

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria.

3.3.1.6 Potasio (K-disp):

El contenido de potasio disponible en la de la finca no varía mucho. Este tiene un promedio de 0.11 meq/100 gr de suelo. (Ver tabla 6).

Tabla 6: Resultados del contenido de potasio en el suelo.

Profundidad (cm)	K meq / 100 gr	POBRE	MEDIO	ALTO
		< 0,2	0,2 a 0,3	> 0,3
0 -30	0.14	*		
30 – 60	0.10	*		
60 – 90	0.09	*		

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria.

3.3.1.8 Calcio (Ca):

El contenido de calcio en las fincas es alto. Los valor promedio es de 18.25 meq/100 gr de suelo en la finca. (Ver tabla 7).

Tabla 7: Resultados del contenido de calcio en el suelo.

Profundidad (cm)	Ca meq / 100 gr	POBRE	MEDIO	ALTO
		< 2,5	2,5 a 5,5	> 5,5
0 -30	16.43			*
30 – 60	19.02			*
60 – 90	19.32			*

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria.

3.3.1.8 Magnesio (Mg):

El contenido de magnesio en finca se clasifica como alto, el valor promedio es de 4.92 meq/100 gr de suelo. (Ver tabla 8).

Tabla 8: Resultados del Contenido de Magnesio en el Suelo.

Profundidad (cm)	Mg	POBRE	MEDIO	ALTO
	meq / 100 gr	< 0,3	0,3 a 1,0	> 1,0
0 -30	3.85			*
30 – 60	5.20			*
60 – 90	5.72			*

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria.

3.1.1.1 Textura:

Según el porcentaje de partículas encontradas en cada una de las muestras analizadas a diferentes profundidades, el suelo no varía presenta una clase textural arcillosa (Ver tabla 9).

Tabla 9: Clase Textural y Porcentaje de Partículas.

Profundidad (cm)	CLASE TEXTURAL	PARTICULAS		
		ARCILLA (%)	LIMO (%)	ARENA (%)
0 -30	Arcilla	44.4	32	23.6
30 – 60	Arcilla	64.4	18	17.6
60 – 90	Arcilla	52.4	14	23.6

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria.

3.3.2. Análisis de agua.

A continuación se presenta los resultados obtenidos del análisis de agua realizado la finca en estudio.

Esta clasificación se fundamenta los criterios de Salinidad y Criterio de R.A.S, desarrollados por el Laboratorio de Salinidad de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USDA, los cuales se describen en la metodología utilizada descrita en **el anexo # 1**.

Tabla 10: Análisis de la Salinidad de Agua.

Finca	Conductividad Eléctrica del Agua (mmhos/cm)	Cationes (meq/l)					RAS
		Ca	Mg	Na	K	Suma	
Ojo de Agua	0.257	6.46	0.9	1.71	0.1	9.17	0.89

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria.

CAPITULO IV

METODOLOGIA A

UTILIZAR

4.1. Metodología

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

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

1. 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.
2. Estudio de campo: consistió en la recopilación de datos “in situ” el cual llevo a realizar los siguientes estudios:
 - a) 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.
 - b) Se tomaron muestras de agua y suelo para su correspondiente análisis físico y químico en el Laboratorio de Suelos de la UNA y el Laboratorio de Edafología de la UNI.
 - c) Se tomaron las dimensiones del área para la siembra del cultivo y se analizaron las condiciones edafoclimáticas.
 - d) Se diseño el sistema de riego.
 - e) Elección del sistema fotovoltaico más óptimo para el buen funcionamiento del sistema de riego.
3. Análisis de resultado: estos se muestran en el capitulo V de resultados.

4.1.1 Ecuaciones utilizadas para la determinación de la fase agronómica.

4.1.1.1 Evapotranspiración del cultivo calculada para el mes de máxima demanda, determinada a partir de la siguiente relación (Pizarro, F 1996):

$$ET_C = ET_P * K_C$$

Donde:

ET_C = Evapotranspiración del cultivo para el periodo de máxima demanda, en mm día⁻¹.

ET_P = Evapotranspiración potencial del mes de máxima demanda, en mm día⁻¹.

K_C = Coeficiente del cultivo, a dimensional.

4.1.1.2 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).

Nota:

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.

4.1.1.3 Necesidades Diarias 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).

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

ND: Factor de cultivo (l/día por árbol).

K_c : Factor de cultivo.

K_s : Factor de sombre amiento.

K_a : Factor de aumento por valores medios (1.20).

K_{eu} : Factor global de $K_e + K_u = 1.2$

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

K_l : 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.

4.1.1.4 Número de gotero por Planta.

$$e \geq \frac{S_p * P_m}{S_{mj}}$$

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:

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

Con el cálculo de D y la fórmula de $A = \frac{\pi * r^2}{2}$ se calcula Smj en m².

4.1.1.5 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).

4.1.1.6 Número de sectores (N sectores).

$$N \text{ sectores} = \frac{\text{Jornada}}{\text{Triego}}$$

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

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

$$Np = \frac{\text{Superficie (m}^2\text{)}}{\text{Marcoderiegooplantación(m}^2\text{)}}$$

b. Número de planta a regar Simultáneamente (Nprs):

$$Nprs = \frac{\text{Númeroplantatotal}}{\text{Número de sectores}}$$

4.1.1.7 Caudal de bombeo.

a. Caudal Bombeo (Q_b)(caudal de un sector):

$$Q_b = N_{prs} * N_g * Q_g$$

Donde:

N_{prs} : Número de planta a regar simultáneamente.

N_g = número de goteros.

Q_g = Caudal del gotero.

b. Caudal Necesario para regar 1 ha de cultivo:

$$Q_n = \frac{Q_b(l/s)}{A(ha)}$$

Donde:

Q_n : Caudal necesario.

Q_b : Caudal bombeo (l/s).

A: Área (ha).

4.1.2. Ecuaciones utilizadas para la determinación de la fase hidráulica

4.1.2.1 Diseño del lateral.

a. 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).

b. 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.

c. Pérdidas de carga admisible en el lateral.

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

Donde:

h_a: Pérdida de carga admisible en el lateral subunidad.

H: Presión de trabajo del emisor.

x: Exponente de carga del emisor.

d. 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.

e. 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.

f. 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

4.1.2.2 Diseño de Tubería Secundaria.

a. Longitud equivalente.

$$L_f = a * L$$

a: varia de 1.05 1.20

b. 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).

c. 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.

d. 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.

e. Presión producida en la entrada de la tubería secundaria.

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

Donde:

P'o: 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.

4.1.2.3 Diseño Tubería Principal.

a. Diámetro de la tubería.

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

Donde:

D: Diámetro en m.

Q: Caudal en (m³/seg).

v: Velocidad en (m/seg).

Se elige el diámetro comercial más próximo.

b. Longitud ficticia.

$$L_f = 1.20 * L$$

c. Pérdida de carga, según Blasius.

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

d. 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.

e. Altura del Tanque.

Cota T+Ht=Cota A + pmin + pérdidas en la canaria

HT=cota a + pmin+pérdida -cota tanque

4.1.3. Ecuaciones utilizadas para la elección del Sistema Fotovoltaico

En el diseño de un sistema fotovoltaico para hacer funcionar un bombeo de agua hay que realizar los siguientes pasos:

1. Determinar el requerimiento diario de agua.
2. Determinar la carga total dinámica.
3. Determinar el recurso solar y el ángulo de inclinación.
4. Seleccionar la bomba, arreglo fotovoltaico y el controlador.
5. Seleccionar el montaje del arreglo fotovoltaico.
6. Seleccionar cables y tuberías.
7. Seleccionar los sensores de nivel de agua.

4.1.3.1 Carga de bombeo del agua

a. Cálculo del régimen de bombeo según nuestras necesidades de agua

A partir de nuestros requerimientos de agua y las horas de insolación diaria se establecerá un régimen de bombeo inicial. Esto se calcula como norma introductoria con el único propósito de conocer cuanta agua deberá ser bombeada, ya que el verdadero dato de régimen de bombeo se obtiene con los datos del arreglo fotovoltaico.

$$\text{Regimen de Bombeo}_i = \frac{\text{Volumen de agua necesario por día (litros/día)}}{\text{Insolación del sitio (horas pico/día)}}$$

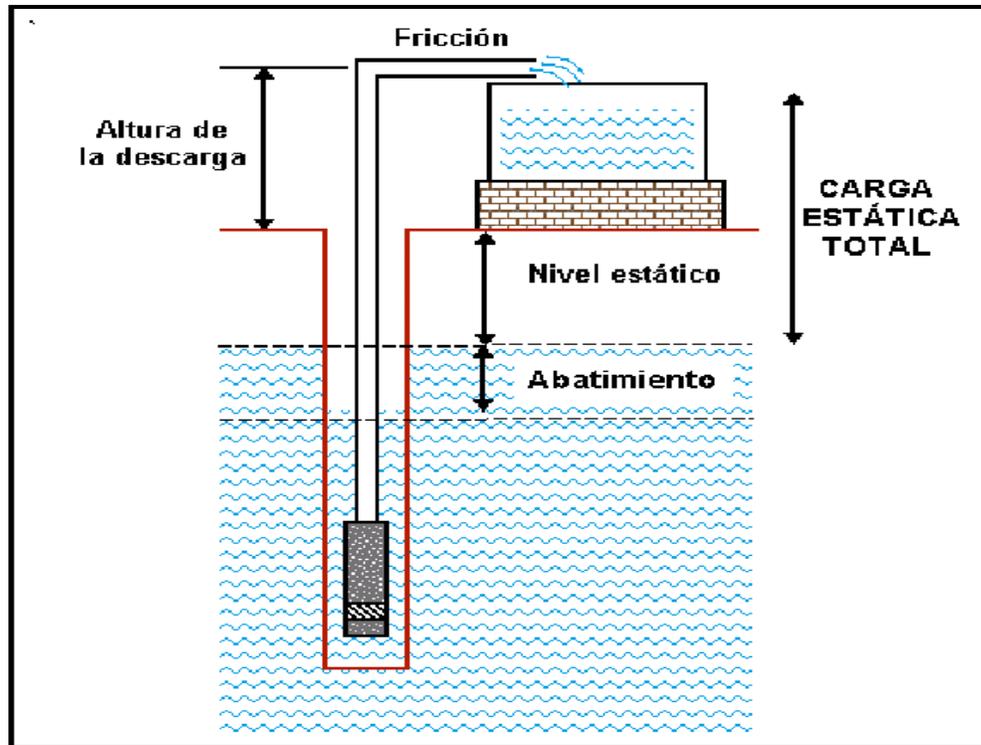
b. Cálculo de la carga de bombeo de agua.

Antes de determinar el tamaño de un sistema de bombeo de agua, es necesario entender los conceptos básicos que describen las condiciones hidráulicas de una obra. 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*.

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

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

Imagen 12: Diagrama de componentes hidráulicos de un sistema de bombeo de agua.



c. Carga Estática (CE)

La primera parte, 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.

d. Carga Dinámica (CD)

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.

La carga dinámica es aproximadamente el 2% de la *distancia de recorrido* del agua o lo que es equivalente a la *longitud total de la tubería (L)*. 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.

$$CD = 0.02 * \text{Longitud total de la tubería}$$

e. Carga Dinámica Total (CDT)

Es la suma de la carga causada por la carga estática y la fricción.

$$CDT = CE + CD$$

Donde:

La carga estática se calcula con la adición de las distancias

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

La carga dinámica se calcula con la longitud total de todas las tuberías

$$CD = 0.02 * L$$

$$L = [CE + \text{Recorrido adicional de tubería}]$$

Después de conocer la CDT, podemos seleccionar la bomba adecuada para nuestro sistema. Esto lo podemos hacer a través del gráfico:

4.1.3.2 Determinar el recurso solar y ángulo de inclinación.

La producción diaria de un sistema solar varía con la cantidad de luz solar directa recibida en la superficie de los módulos solares.

Entre más luz solar, más agua es bombeada. La cantidad de luz solar varía con el clima, temporada del año y lugar. Usted debe conocer con anterioridad la cantidad de luz solar existente en su región para concluir un diseño adecuado de su sistema. Además, los patrones de consumo de agua varían. Algunos usuarios requieren más agua durante el verano y otros requieren la misma cantidad en invierno o verano. Este manual contiene "Mapas Solares" que le ayudarán a determinar su recurso solar. Estos mapas le proporcionarán número llamado Horas de Sol Sobre Arreglo y un color que representa la cantidad de recurso solar para su localidad y su aplicación.

Si la aplicación requiere más agua durante el verano, el sistema debe diseñarse utilizando el mapa de Junio en el Hemisferio Norte y el de Diciembre en el Hemisferio Sur. Los sistemas diseñados con base en estos mapas durante el verano producirán el agua requerida. Estos sistemas producirán menos agua durante el invierno y en algunos casos podrían no proveer agua durante el invierno. En estos mapas se considera también que el arreglo solar está completamente expuesto a la luz solar durante el todo el día y que no es sombreado por árboles o cerros.

El ángulo en que el arreglo de los paneles solares se incline hacia el sol afecta la energía producida. Para producir la mayor energía, el arreglo debe orientarse directamente hacia sol con los rayos de luz solar incidiendo perpendicularmente sobre la superficie del arreglo solar. Los mapas H.S.S.A. proporcionan el ángulo óptimo en que el arreglo debe ser orientado para maximizar la salida de energía en cada estación. En realidad, estos mapas serán precisos solamente cuando el arreglo esté inclinado en el ángulo especificado en el mapa. Si el ángulo es cambiado, el agua producida disminuirá.

Los usuarios en regiones tropicales, entre -23° y $+23^{\circ}$ de latitud, deben examinar ambos mapas para determinar el recurso solar. En estas regiones también el ángulo de

inclinación es de importancia. Los arreglos de paneles solares en el trópico no deben colocarse horizontales ni en ángulos inferiores a 15° , no obstante el hecho de que el sol puede estar directamente por encima de los módulos.

Los arreglos solares montadas con ángulos pequeños tienden a cubrirse de suciedad y desechos, con lo que reducen la salida de energía. Colocarlos en ángulos de 15° o más, asegura que la lluvia y gravedad ayudarán a mantener limpios los módulos.

La superficie de los arreglos solares en el hemisferio norte debe ser orientada hacia el sur verdadero. Los arreglos en el hemisferio sur deben orientarse hacia el norte verdadero. Los arreglos localizados cerca del ecuador pueden ser apuntar al norte o al sur.

a. Horas de sol sobre arreglo y ángulo de inclinación

Para determinar el recurso solar, siga los pasos siguientes:

1. Decida si va a diseñar el sistema para invierno o verano.
2. Encuentre su localidad en los mapas, asegurándose de utilizar el mapa correcto para verano o invierno. Recuerde que las estaciones dependen del hemisferio.
3. Vea en el mapa el color correspondiente al lugar en que efectuará la instalación y utilice dicha lectura para determinar el valor de H.S.S.A. (KiloWatts-Hora por metro cuadrado por día sobre placa colectora colocada horizontalmente). Este valor también es conocido como "Horas de Sol Sobre Arreglo". Este valor será utilizado para efectuar correctamente la selección de la bomba y la configuración del arreglo.
4. Utilice la escala a la derecha de los mapas para determinar el ángulo de inclinación óptimo para el arreglo solar. "CS" significa cara al sur y "CN" cara al norte. Vea en anexo el ángulo de inclinación del arreglo solar en paso 5 - seleccionar el montaje del arreglo fotovoltaico para ver como se mide este ángulo en el arreglo solar.

b. Rendimientos de Bombas Serie SC con 5-6 Horas de Sol sobre Arreglo (Ver ANEXOS IV: GRAFICOS).

Luego calculamos su carga eléctrica en Amperios hora por día (Ah/día) por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Carga electrica de la Bomba} = \frac{\text{Volumen de agua necesario por día} * \text{CDT}}{367 * \text{Eficiencia} * \text{Voltaje de operacion}}$$

Se calcula la corriente del proyecto (en Amperios) necesaria para satisfacer la carga del sistema en el mes de diseño:

$$\text{Corriente del proyecto} = \frac{\text{Carga electrica de la bomba}}{\text{Factor de rendimiento} * \text{Insolación del sitio}}$$

4.1.3.3 Dimensionamiento del arreglo fotovoltaico

En el dimensionamiento del arreglo fotovoltaico se determina cuantos módulos se instalaran en paralelo y en serie. Debemos asegurarnos que estos valores sean en números enteros. Antes habrá que seleccionar el modelo de modulo fotovoltaico que se usara en el arreglo e introducimos sus especificaciones en la siguiente formula:

$$\text{Modulos en paralelo} = \frac{\text{Corriente del proyecto}}{\text{Factor de reduccion del modulo} * \text{Corriente Imp del modulo}}$$

Para determinar cuantos módulos en serie ubicaremos utilizamos la siguiente formula:

$$\text{Modulos en serie} = \frac{\text{Voltaje de operacion}}{\text{Voltaje Vmp del modulo}}$$

Al conocer cuantos módulos en paralelo y en serie serán instalados, se calcula el tamaño del arreglo fotovoltaico en unidades de Watts (W):

$$\text{Tamaño del arreglo} = \text{Mod. en paralelo} * \text{Mod. en serie} * \text{Corriente Imp} * \text{Voltaje Vmp}$$

4.1.3.4 Calculo del agua bombeada y régimen de bombeo

El agua bombeada es la cantidad de litros de agua extraídos por la bomba en un día con este diseño. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Agua Bombeada} = \frac{\text{Mod. Paralelo} * \text{Corriente Imp} * \text{Voltaje de operación} * \text{Factor de rend.} * 367 * \text{Insolación} * \text{Factor de reducción}}{CDT}$$

Por ultimo obtenemos el nuevo y verdadero régimen de bombeo introduciendo la cantidad de agua bombeada. Este valor debería ser mayor que el calculado anteriormente, de no ser así, debe considerarse ampliar la fuente de agua o bien seleccionar otra bomba de mayor conveniencia. Esta decisión se basa en el aspecto económico:

$$\text{Regimen de Bombeo} = \frac{\text{Agua Bombeada (litros/día)}}{\text{Insolación del sitio (horas pico/día)}}$$

4.1.3.5 Seleccionar el montaje del arreglo fotovoltaico.

El montaje del arreglo fotovoltaico tiene un gran efecto en el rendimiento del sistema. Hay dos métodos comunes para montar los arreglos de módulos de los sistemas de bombeo solar; con rastreador y fijos.

a. Fijo

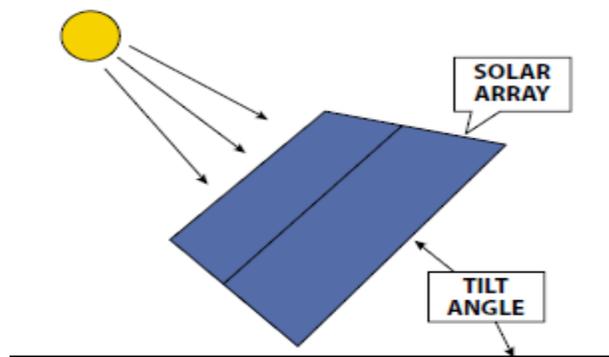
El montaje fijo debe utilizarse cuando los rastreadores no resultan prácticos. También, en sistemas pequeños, el costo adicional del rastreador no compensa la reducción de costo en los módulos solares.

b. Angulo del montaje

Ya sea que se utilice un arreglo en montaje fijo o en rastreadores el ángulo del montaje es muy importante para maximizar la producción de agua. El principio general es simple; el arreglo debe colocarse en un ángulo que apunte directamente hacia el sol a mediodía. Los rayos del sol deben ser perpendiculares a la superficie de los módulos.

La posición del sol cambia con las estaciones del año. El ángulo de inclinación del arreglo fotovoltaico no puede ser perfecto para todas las estaciones. Algunos usuarios están dispuestos a modificar el ángulo de su arreglo fotovoltaico unas cuantas veces al año, para aumentar su producción de agua. En cualquier época del año la producción de agua puede maximizarse al ajustar el ángulo del arreglo para que encare directamente al sol a mediodía. Los mapas con Horas de Sol Sobre Arreglo, proporcionan el ángulo óptimo para la estación.

Imagen 13: Angulo de Inclinación.



- Los arreglos colocados con una inclinación igual a la latitud + 15 grados maximizan su salida en invierno. Su salida en el punto culminante del verano disminuirá alrededor del 13%.
- Los arreglos colocados con una inclinación igual a la latitud - 15 grados maximizan su salida en verano. Su salida en el punto culminante del invierno disminuirá alrededor del 13%.
- Los arreglos colocados con una inclinación igual a la latitud generalmente maximizan su salida anual. Su salida durante los puntos culminantes de verano e invierno disminuirán alrededor del 4%.
- Los arreglos nunca deben colocarse horizontalmente. Se recomienda un ángulo de inclinación mínimo de 10° para evitar que encima de los módulos se acumule tierra. En lugares lluviosos y húmedos debe utilizarse un ángulo mínimo de 15 grados para prevenir el crecimiento de moho y hongos.

4.1.3.6 Selección de 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 todos 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.

Tabla 11: Determinación de calibre de cables.

Longitud del cable de la bomba		Tamaño minimo del cable	
0-34 mts	0-110 pies	4 mm ²	12 AWG
34-55 mts	110-180 pies	6 mm ²	10 AWG
55-88 mts	180-285 pies	10 mm ²	8 AWG
Mas de 88 mts	Mas de 285 pies	16 mm ²	6AWG

Fuente: Proyecto Solar Fotovoltaico- Nicaragua.

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.

Tabla 12: El tamaño y tipo de la tubería apropiada es listado en la tabla de abajo:

Modelo de bomba	Tamaño de tubería	Tipo de tubería
SD 12-30	¾" (19mm)	POLIETILENO NO UTILICE TUBOS DE ACERO
SD 6-30	½" (12.7mm)	
SD 3-70		
SC500 15-40	1-¼"(35.1mm)	ROSCA 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	2"(52.5mm)	
SC1000 105-30		

Fuente: Proyecto Solar Fotovoltaico- Nicaragua.

4.1.3.1 Selección de 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.

CAPITULO V

CALCULOS Y

RESULTADOS

5.1. Diseño del sistema de riego

5.1.1. Diseño geométrico

- a. Tipo de suelo: arcilloso
- b. Modelo del gotero: Mini Inlain
- c. Caudal de gotero: 8 lts/hrs
- d. Presión nominal del gotero: 10. mca
- e. Frecuencia de riego: 1 dia
- f. Separación entre planta: 8 mts
- g. Separación entre goteros: 8 mts
- h. Longitud del lateral: 83 mts
- i. Números de árbol por lateral: 11
- j. Longitud de la secundaria: 20 mts
- k. Longitud de la principal: 98.30 mts
- l. Área de terreno: 7753.43 m²

5.1.2. Diseño agronómico

- a. Cultivo: Aguacate
- b. Área de cultivo: 7753.43 m²
- c. Marco de plantación: 8 * 8
- d. Evapotranspiración del cultivo: Abril de 6.95 mm/día (ver anexo 3)
- e. Factor de cultivo (Kc): 0.65
- f. Factor de sombreado (Ks): 0.5
- g. Factor de aumento por valores medios (Ka): 1.2
- h. Superficie a regar: 36 m²
- i. Salinidad del agua: 0.8 mmhos/cm (ver anexos 4)
- j. Salinidad del suelo: 0.04 mmhos/cm (ver anexos 4)
- k. Necesidades Diarias de agua de la Planta: 117.09 lts/dia/plats
- l. Superficie mojada por el gotero: 9 m²

- m. Goteros por árbol: 2
- n. Tiempo de riego: 7 horas
- o. Cantidad de sectores: 2
- p. Números de plantas: 121
- q. Caudal de bombeo por sector: 0.27 l/s
- r. Caudal necesario por área: 0.35 l/s-ha

5.1.3. Diseño Hidráulico

5.1.3.1 Diseño de tubería Porta gotero (lateral).

Tabla 13: características de los goteros.

Características de los goteros.	
Tipo: Mini Inlain	Exponentes de descarga: 0.47
Nº gotero por árbol: 2	Q del gotero: 8 lts/h
Presión en funcionamiento: 1 bar (10 mca)	Espaciamiento entre árbol: 8m
Nº de salidas: 11	Separación entre gotero: 8m
Nº arboles por lateral: 11	Longitud de diseño: 83m
Instalados: Botón	

Fuente: Propia.

Cálculos hidráulicos.

Caudal = 176 lts/h

Longitud ficticia de lateral = 86 m

Perdida de carga admisible en el lateral = 1.19 mca

Diámetro teórico = 11.82 mm ≈ Elegimos diámetro interno comercial de 13 mm

Perdida de carga en la tubería lateral = 0.7606 m

Al comparar 0.7606 m < 1.19 m se utilizara diámetro de 13 mm.

Tabla 14: Presión necesaria en el origen del lateral.

Presión en los sectores	M
Po Sector 1	10
Po Sector 2	9.6

Fuente: Propia.

5.1.3.3 Diseño en la tubería secundaria.

a. Tabla 15: Perdidas de carga de la tubería secundaria. (Tubería PVC)

Nº sectores	Tuberías Secundarias	Distancia entre portagoteros (m)	Longitud de lateral(m)	Q lateral (lts/h)	Q lateral (m ³ /h)	Longitud tubería secundaria
1	TS1-1	8	83	176	0.1760	20
	TS1-2	8	83	176	0.1760	20
2	TS2-1	8	83	176	0.1760	20
	TS2-2	8	83	176	0.1760	20

Nº sectores	Nº líneas	Q de la secundaria (lts/h)	h _a (mca)	Longitud Ficticia(m)	Factor de christiasen	Dteorico (mm)
1	3	528	2.01	23	0.546	12.72
	3	528	2.01	23	0.546	12.72
2	3	528	2.01	23	0.546	12.72
	3	528	2.01	23	0.546	12.72

Nº sectores	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	h'(mca)	P'º(mca)
1	25	22.6	0.13	8.90
	25	22.6	0.13	9.30
2	25	22.6	0.13	8.11
	25	22.6	0.13	8.51

Fuente: Propia.

5.1.3.4 Diseño tubería Principal.

a. Tabla 16: Caudal por válvula y sector.

Nº Sector	Válvula	T. Secundaria	Q(l/h)	Q (m ³ /seg)	Qval (m ³ /s)	QSEC (m ³ /seg)
1	1	TS1-1	528	0.000147	0.000293	0.000293
		TS1-2	528	0.000147		
2	2	TS2-1	528	0.000147	0.000293	0.000293
		TS2-2	528	0.000147		

Fuente: Propia.

b. Tabla 17: Longitudes por tramo.

Nodos		Tramo	Longitud(m)
TANQUE	N1	TP-1	17.91
N1	V1	TP-2	1.94
V1	V2	TP-3	78.45

Fuente: Propia.

c. Tabla 18: Perdidas de carga tubería Principal.

Desde	Hasta	Tramo	Q (m ³ /seg)	Q (lts/h)	Long (m)	Lf (m)	Vmxper (m/s)	Dterico (mm)	Dinterior (mm)	Dnominal (mm)	h(mca)
TANQUE	N1	TP-1	0.000256	1056	17.91	21.492	1	19	22.6	25	0.23
N1	V1	TP-2	0.000256	1056	1.94	2.328	1	19	22.6	25	0.02
V1	V2	TP-3	0.000256	1056	78.45	94.14	1	19	22.6	25	1.00

Fuente: Propia.

d. Tabla 19: Presión necesaria en el origen.

Desde	Hasta	Po(mca)
TANQUE	V1	6.55
V1	V2	8.29

Fuente: Propia.

NOTA: LA ALTURA DEL TANQUE ES DE 10.51m>5.96 m POR LO TANTO EL SISTEMA FUNCIONARÁ ADECUADAMENTE.

e. Tabla 20: Perdidas de cargas en el punto más desfavorable.

Desde	Hasta	P C(m)	Desnivel	PCTP(m)
TANQUE	V1	0.85	3.6	-2.75
TANQUE	V2	3.4	3.6	-0.22

Fuente: Propia.

Desnivel ascendente: 0 m

Desnivel descendente: 3.6 m

f. Tabla 21: Perdidas en las tuberías.

Perdidas	M
Perdida de la tubería terciaria	0.76064
Perdida de la tubería secundaria	0.13
Perdida en la principal	-2.75
Sumatoria	-1.85359

Fuente: Propia.

Requerimiento de trabajo para la bomba.

Caudal	Lts/h	m ³ /h
Q	1056	0.293

g. Tabla 22: Altura manométrica total.

Altura	M
Perdida de carga en la tubería	2.7
P.de C. accesorios tubería	.7
altura del tanque	10.05
P.de C. cabezal de goteo o est. De filtrado	6
P.de C. accesorios de aspiración e impulsión	5
Desnivel geométrico	6.2
Presión de trabajo del gotero	10.33
ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL	40.9

Fuente: Propia.

Potencia de la bomba: 0.1018 H/P

h. Tabla 23: Volumen del tanque.

Volumen del tanque	m ³	Lts	Galones
	7.10	7,100	1997.84

Fuente: Propia.

i. Tabla 24: Altura del tanque.

Alturas	m
Altura del tanque + torre	10.05
Altura de la torre	6.55

Fuente: Propia.

5.1.3.5 Torre y tanque de almacenamiento de Agua.

Los tanques de almacenamiento de agua se instalarán sobre torres metálicas a 6.55 metros de altura, estos presentarán 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 ½”, ¾” 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 ½” 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.
- ❖ Garantía de 1 año por fallas de diseño e instalación.

Tanque de almacenamiento de agua.

- ❖ Capacidad de 7,100 litros.
- ❖ Bicapa
 - Capa exterior negra que impide el paso de la luz.
 - Capa interior blanca que facilita la limpieza.
- ❖ Tapa click que impide el paso de partículas.
- ❖ Diámetro: 1.61 metros
- ❖ Altura: 3.5 metros.
- ❖ Garantía por cinco (5) años por defectos de fábrica.

j. Tabla 25: Pérdidas en la tubería descarga al tanque.

Longitud por tramo	Perdida
224.83	0.665747699
16.25	0.048118134
2.92	0.008646459
22.14	0.065559107
Sumatoria	0.788071399

Fuente: Propia.

k. Tabla 26: Diámetro de la tubería de descarga.

Diámetro	Mm
Interno	29.6
Nominal	32

Fuente: Propia.

El diámetro nominal de 32 mm = 1”

5.1.4. Diseño fotovoltaico

5.1.4.1 Resultado de la carga de bombeo del agua

- a. Volumen de agua necesaria: 7392 l/día
- b. Insolación del sitio: 6 hrs-pico/día
- c. Régimen de bombeo: 1250 l/h
- d. Nivel estático: 3 mts
- e. Abatimiento: 1.5 mts
- f. Altura de descarga: 21.51 mts
- g. Carga Estática: 26.01 mts
- h. Recorrido adicional de la tubería: 270 mts
- i. Recorrido total de la tubería: 280,5
- j. Factor de fricción: 0.02
- k. Carga por fricción: 5.92 mts
- l. Carga total dinámica: 31.93 mts

5.1.4.2 Recurso solar y ángulo de inclinación.

Según el mapa Horas de Sol sobre el Arreglo para el lugar donde será situado el sistema y con datos de INETER el recurso solar es 5-6 horas de sol sobre el arreglo y con un ángulo de inclinación que será 13 grados según la latitud de la zona de San Francisco Libre.

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.

Tabla 27: información de la bomba y motor.

INFORMACION DE LA BOMBA Y MOTOR	
Marca	Grundfos
Modelo	SC500 35-35
Tipo de bomba	Centrifuga
Tipo de motor	Trifásico
Voltaje de operación (c.a/c.c.)	120
Eficiencia de la bomba	0,35

Fuente: Grundfos.

- Factor de conversión: 367
- Energía Hidráulica: 643.13 Wh/día
- Eficiencia de la bomba: 0.35
- Energía del arreglo FV: 1847 WH/día
- Voltaje nominal del sistema: 120 vol
- Carga eléctrica: 15.31 Ah/día
- Factor de rendimiento del conductor: 0.95
- Carga eléctrica corregida: 16.21 Ah/día
- Corriente del proyecto: 2.69 A

5.1.4.3 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.

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.

5.1.4.4 Dimensionamiento del arreglo fotovoltaico

Tabla 28: información del modulo fotovoltaico.

INFORMACION DEL MODULO FOTOVOLTAICO			
Marca y modelo		Isofoton I-100	
Tipo		Monocristalino	
Vmp	17,4	Voc	21,6
Imp	5,74	Isc	6,54

Fuente: Propia.

- Corriente ajustada al proyecto: 2.83 A
- Corriente imp del modulo: 5.74 A
- Voltaje Vmp del modulo: 17.4 V
- Módulos en serie: 7
- Módulos en paralelo: 1
- Tamaño del arreglo fotovoltaico: 699 w

5.1.4.5 Agua bombeada y régimen de bombeo

- Agua bombeada: 15,794 l/día
- Régimen de bombeo: 2.632

5.1.4.6 Selección de cables y tuberías.

a) Cables.

La profundidad de la toma de agua se encuentra entre los 0 a 34 mts utilizaremos un cable de 12AWG

b) Tubería.

El diámetro de la tubería a seleccionar es de 1 1/4 ya que el modelo de nuestra bomba se encuentra en los SC 500 35-35

5.1.4.7 Selección de sensores de nivel de agua.

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.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1. Según los resultados del análisis de agua realizado en la finca, la fuente de abastecimiento de agua presenta baja salinidad, siendo aptas para riego.
2. Los análisis de suelo especifican que este presenta una baja cantidad de materia orgánica y no dispone de mucho potasio y fosforo.
3. En el diseño agronómico del sistema de riego por goteo se utilizo la cinta Mini In Line con goteros botón los cuales emiten caudales de hasta 8 lph, con presiones de trabajo necesarias para el riego.
4. La elección del sistema fotovoltaico se basa al alto grado de insolación (horas de luz solar) con los módulos Isofoton I-100 de tipo monocristalinos los cuales son eficientes y los podemos encontrar en Nicaragua.
5. 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 precisamente realizado
6. La elección de la bomba se hizo de acuerdo a la gráfica de rendimiento de bombas, en la cual se utilizan tres parámetros la carga dinámica total (CDT) y el requerimiento de agua necesario por día. La bomba que se utilizara es una Kyocera serie SC 500 35-35
7. El requerimiento de agua necesaria será de 7392 litros se construirán una torre y se pondrá un tanque de almacenamiento con capacidad de 7100 litros de agua.

6.2 Recomendaciones

1. Realizar un estudio más completo al suelo para conocer y suministrar los nutrientes necesarios a la planta.
2. Realizar un análisis económico y financiero con la finalidad de ver si el proyecto es viable económicamente.
3. Realizar mantenimientos periódicos del sistema de riego por goteo tales como: Reparación y cambio de cintas, lavado de la tubería conductora, limpieza de filtros y comprobación del funcionamiento de todo el sistema.
4. Realizar mantenimiento periódico del sistema fotovoltaico en cada uno de sus implementos desde la bomba hasta los paneles.
5. No utilizar rastreador solar en el sistema fotovoltaico ya q este trabaja eficientemente con dicho ángulo.
6. Crear una fuente de agua mas cerca al área de cultivo para evitar las pérdidas desde la fuente de agua hasta el tanque.

BIBLIOGRAFIA

1. Apuntes de clase de Riego:
 - Dr. Álvaro Aguilar.
 - Ing. Raquel Izaba.
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. Pizarro, Fernando, Riegos localizados de alta frecuencia, 3era edición, Edición mundo y prensa, 1996, Madrid.
5. Michael G. Thomas. Opción Solar para el Bombeo de Agua. Desing Assistance Center. Sandía National Laboratories. Albuquerque Nero Mexico USA. 87185.
6. “Manual de Capacitación de Sistemas Fotovoltaicos”, Solavolt International 1986.
7. Ivette Sanchez Ruiz y Alvaro Gomez Flores “Evaluación del sistema de riego por goteo aplicando Energía Eólica mediante un aerogenerador para el cultivo de la granadilla (*passiflora quadrangularis l*) en la finca Talolinga, Belen, Rivas”, 2005.
8. Carolina Barreto y Ulda Cornejo “Estudio de la eficiencia del riego por goteo aplicando energía fotovoltaica en el bombeo para el pimiento dulce”, 2003.
9. Guía para el desarrollo de proyecto de bombeo de agua con energía fotovotaica volumen 1 Southwest Technology Development Institute New Mexico State University
10. Guía para las aplicaciones de bombeo de agua para la energía solar kyocera, kyocera solar inc.
11. Ing. Eduardo Su, aprovechamiento de la energía solar para el bombeo de agua para consumo humano en diez comunidades rurales del interior del país.
12. Paginas consultadas
 - <http://www.euroresidentes.com/Alimentos/aguacate.htm>
 - http://es.wikipedia.org/wiki/Persea_americana
 - <http://fruticulturajjgp.blogspot.com/2010/01/cultivo-del-aguacate-introduccion-el.html>
 - <http://www.slideshare.net/hotii/6- evaporacion>
 - www.sumsol.es
 - <http://html.rincondelvago.com/riego-por-goteo.html>

- http://es.wikipedia.org/wiki/Riego_por_goteo
- <http://saecsaenergiasolar.com/fotovoltaico/introduccion/>
- <http://www.gestiopolis.com>
- <http://siam.imida.es>
- <ftp://ftp.fao.org>
- <http://tarwi.lamolina.edu.pe>

ANEXOS

Anexo # 1

Método para la clasificación de suelo y agua para riego.

- **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:

Tabla 33: clasificación de Ph

Ph	Clasificación
4.6 - 5.2	Muy frecuentemente acido
5.2 - 5.6	Fuertemente acido
5.6 - 6.2	Medianamente acido
6.2 - 6.6	Ligeramente acido
6.6 - 6.8	Muy ligeramente acido
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

Fuente: Laboratorio de Suelo y Agua (UNA)

Tabla 34: capacidad de intercambio catiónico

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	
Nivel de Intercambio	Intervalo de CIC(meq/100g)
Muy Baja	< 5
Baja	5 -15
Media	15 -25
Alta	25 – 40
Muy Alta	> 40

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua (UNA)

- **Agua**

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.

Anexo # 2

Planos.

Anexo # 3

Tablas.

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL**

Tabla 31: temperatura media mínima.

Estación: SAN FRANCISCO LIBRE / SAN FRANCISCO LIBRE

Latitud: 12° 29' 54" N

Código: 69025

Longitud: 86° 16' 54" W

Años: 1956 – 2006

Elevación: 50 msnm

Parámetro: Temperatura media mínima (°C)

Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Mediana
1956	-	-	-	-	24.5	23.5	22.9	23.0	23.4	23.0	21.7	21.3	22.9
1957	21.9	23.1	23.7	25.0	25.8	24.9	24.4	24.4	23.7	23.5	22.0	21.5	23.7
1958	22.1	22.8	24.8	25.4	25.8	24.8	24.1	23.5	23.9	23.5	22.1	21.9	23.7
1959	21.8	22.9	24.2	24.8	24.9	24.1	23.2	22.9	23.0	23.7	21.8	21.5	23.2
1960	21.1	22.4	23.2	24.4	24.2	23.3	22.8	23.6	22.5	22.9	21.6	20.0	22.7
1961	21.3	22.0	23.7	24.5	24.6	23.7	22.8	23.1	22.8	22.7	21.6	20.9	22.8
1962	20.7	21.0	22.3	24.4	24.5	23.6	23.1	23.2	23.1	22.5	20.5	19.2	22.3
1963	20.0	21.2	23.1	23.5	24.1	24.0	22.5	22.7	23.0	22.3	21.3	19.8	22.3
1964	20.9	22.6	24.0	24.3	23.4	22.5	22.4	22.1	22.0	22.1	20.5	19.9	22.2
1965	19.6	21.3	23.0	23.0	25.1	24.1	24.0	24.0	24.1	23.1	21.9	20.9	22.8
1966	21.3	22.8	24.0	24.0	24.1	23.5	23.5	22.5	22.6	22.6	20.3	20.8	22.7
1967	21.3	21.6	22.9	25.2	25.3	24.3	24.4	24.2	24.5	24.4	24.1	22.8	23.7
1968	23.7	22.0	23.4	25.6	25.7	24.6	24.0	25.0	24.0	23.9	23.4	23.7	24.1
1969	24.6	24.0	26.5	26.8	27.5	26.0	25.5	25.1	25.2	24.1	23.2	22.1	25.0
1970	22.1	22.7	25.0	26.3	26.0	24.9	24.0	24.2	22.8	23.5	21.3	20.3	23.6
1971	21.2	21.8	23.5	24.3	25.3	23.8	23.0	23.5	23.2	23.4	22.0	21.2	23.0
1972	21.4	22.5	22.9	24.7	24.8	23.8	25.1	24.0	24.6	23.7	23.3	23.6	23.7
1973	23.1	23.3	25.0	25.2	25.5	24.2	23.5	23.0	22.5	23.0	21.8	19.7	23.3
1974	21.7	21.5	22.8	24.4	24.2	23.4	22.8	23.6	22.6	22.0	20.9	21.6	22.6
1975	22.5	22.3	23.8	24.6	25.0	24.3	22.7	22.9	23.1	22.6	22.2	19.4	22.9
1976	21.2	21.3	21.7	23.3	24.3	23.5	22.8	22.2	23.1	22.7	22.8	22.1	22.6
1977	21.9	23.3	25.0	25.5	24.7	24.3	24.3	24.4	24.3	23.3	22.9	22.7	23.9
1978	22.4	23.2	24.9	25.4	25.4	23.6	23.3	23.9	22.9	22.6	22.2	21.9	23.5
1979	22.0	22.9	24.4	25.0	24.4	23.0	22.9	23.7	23.2	23.2	22.1	21.5	23.2
1980	22.4	21.4	25.1	25.6	25.4	24.2	23.6	23.2	23.2	22.7	22.2	20.1	23.3
1981	20.7	23.2	24.5	-	24.1	22.9	22.3	23.1	22.8	22.0	22.0	21.8	22.7
1982	22.6	23.6	23.9	24.7	24.8	24.1	23.3	24.4	23.7	22.6	22.4	22.7	23.6
1983	23.2	24.4	24.3	25.3	26.2	24.8	25.0	24.7	23.5	23.0	23.3	23.2	24.2
1984	23.0	23.5	24.3	25.1	25.5	23.7	23.1	23.1	23.2	23.1	21.5	23.7	23.6
1985	22.8	24.2	24.4	25.2	24.7	25.4	25.0	23.2	23.7	23.5	23.3	21.5	23.9
1986	23.2	24.1	24.7	24.1	24.4	24.8	25.9	26.1	25.3	24.4	22.6	23.1	24.4

PROYECTO DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR PARA EL CULTIVO DEL AGUACATE EN LA FINCA OJO DE AGUA EN LA LOCALIDAD DE SAN FRANCISCO LIBRE.

1987	22.9	23.4	24.7	25.8	26.1	25.3	24.1	24.4	23.9	24.1	22.7	22.9	24.2
1988	23.1	24.6	25.6	23.1	-	-	-	-	-	-	-	-	24.1
Suma	703.6	726.8	769.4	768.8	800.4	770.9	756.4	756.9	749.2	739.6	707.6	689.4	770.5
Media	22.0	22.7	24.0	24.8	25.0	24.1	23.6	23.7	23.4	23.1	22.1	21.5	23.3
Máximo	24.6	24.6	26.5	26.8	27.5	26.0	25.9	26.1	25.3	24.4	24.1	23.7	300.6
Mínimo	19.6	21.0	21.7	23.0	23.4	22.5	22.3	22.1	22.0	22.0	20.3	19.2	0.0

PROYECTO DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR PARA EL CULTIVO DEL AGUACATE EN LA FINCA OJO DE AGUA EN LA LOCALIDAD DE SAN FRANCISCO LIBRE.

Tabla 32: temperatura media máxima.

Estación: SAN FRANCISCO LIBRE / SAN FRANCISCO LIBRE

Latitud: 12° 29' 54" N

Código: 69 025

Longitud: 86° 16' 54" W

Años: 1956 – 2006

Elevación: 50 msnm

Parámetro: Temperatura media máxima (°C)

Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1956	-	-	-	-	37.4	35.7	36.1	36.8	35.0	34.5	34.5	35.7	35.7
1957	35.0	36.0	37.4	37.8	36.6	36.1	36.6	37.6	35.2	35.4	35.5	36.2	36.3
1958	36.0	37.0	38.3	38.8	37.6	34.4	35.6	36.4	36.7	34.4	35.9	37.0	36.5
1959	36.9	37.3	39.0	39.4	38.2	35.4	37.0	36.8	36.0	33.5	35.6	36.5	36.8
1960	37.4	36.5	38.1	38.3	36.6	34.2	36.3	35.6	34.6	33.7	35.2	35.4	36.0
1961	37.3	37.5	38.6	40.0	39.1	36.6	35.9	37.5	34.9	34.7	34.7	36.0	36.9
1962	36.4	37.1	38.0	39.0	38.2	34.8	35.7	36.0	34.9	35.4	36.0	36.6	36.5
1963	37.3	37.5	39.1	38.6	39.0	35.9	36.7	38.3	35.7	35.9	35.1	36.5	37.1
1964	36.9	38.2	39.1	38.7	37.3	35.1	35.3	35.1	35.7	35.0	35.5	35.5	36.4
1965	35.6	36.5	37.0	37.5	37.8	35.0	36.8	37.0	36.0	33.7	34.9	35.6	36.1
1966	36.1	35.8	36.7	36.6	35.3	33.1	34.2	34.6	34.8	34.2	35.7	34.8	35.2
1967	34.9	35.2	35.6	36.4	37.3	33.7	35.1	34.5	34.5	34.5	34.4	34.4	35.0
1968	34.5	34.8	35.5	36.5	35.5	32.3	33.0	34.1	32.7	31.9	32.5	33.7	33.9
1969	34.0	34.2	36.3	35.6	35.7	32.9	33.8	32.6	32.7	31.5	32.8	33.2	33.8
1970	33.4	34.3	34.8	35.9	34.9	33.9	32.6	33.0	32.0	29.7	29.1	30.4	32.8
1971	30.8	31.5	32.3	32.9	33.1	32.9	31.5	31.9	30.2	30.9	31.0	30.7	31.6
1972	31.0	31.7	33.1	34.1	32.9	32.9	35.5	35.7	36.0	35.2	34.8	34.6	34.0
1973	34.7	35.3	36.8	36.8	35.7	33.7	33.3	32.4	30.5	30.4	33.2	33.4	33.8
1974	33.8	34.5	35.2	36.3	34.7	32.6	35.1	35.4	30.9	31.6	33.7	33.9	34.0
1975	33.9	34.5	36.0	36.6	35.1	34.3	34.0	33.7	30.4	30.7	29.5	32.2	33.4
1976	32.8	33.2	34.2	34.6	34.5	31.6	33.5	35.3	34.9	31.6	33.3	34.1	33.6
1977	33.8	34.8	35.6	36.2	33.9	32.3	34.3	35.2	34.0	32.6	33.0	34.8	34.2
1978	33.8	34.6	35.6	35.9	34.5	32.7	33.2	35.0	31.6	31.3	33.2	34.1	33.8
1979	33.9	35.2	35.2	35.9	35.4	31.2	33.5	32.9	30.4	31.4	32.1	33.7	33.4
1980	34.6	35.1	36.7	37.5	35.6	33.4	34.8	33.9	33.1	31.7	32.5	34.9	34.5
1981	34.9	35.3	36.4	-	32.4	30.6	33.7	33.5	33.4	31.5	33.1	34.4	33.6
1982	34.2	35.7	35.6	36.3	32.6	32.1	33.7	35.5	33.6	31.7	33.5	34.2	34.1
1983	35.2	34.8	35.5	36.2	37.5	33.3	34.1	35.0	32.4	31.5	32.2	33.7	34.3
1984	33.4	33.5	33.8	34.7	34.7	32.7	32.2	32.2	30.2	32.2	31.5	33.6	32.9
1985	33.2	34.3	34.9	35.0	34.7	33.2	34.3	33.6	32.9	31.3	31.6	33.5	33.5
1986	33.8	33.9	34.8	36.6	34.0	32.2	33.6	34.5	33.7	32.9	34.3	34.3	34.1
1987	34.0	34.7	35.9	37.0	35.4	34.7	33.1	34.2	33.0	32.8	35.0	34.8	34.5
1988	35.1	35.0	35.0	34.9	-	-	-	-	-	-	-	-	35.0

PROYECTO DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR PARA EL CULTIVO DEL AGUACATE EN LA FINCA OJO DE AGUA EN LA LOCALIDAD DE SAN FRANCISCO LIBRE.

Suma	1108.6	1125.3	1156.1	1136.5	1143.1	1075.5	1103.9	1115.9	1072.4	1049.3	1074.8	1102.2	1143.3
Media	34.6	35.2	36.1	36.7	35.7	33.6	34.5	34.9	33.5	32.8	33.6	34.4	34.6
Máximo	37.4	38.2	39.1	40.0	39.1	36.6	37.0	38.3	36.7	35.9	36.0	37.0	445.7
Mínimo	30.8	31.5	32.3	32.9	32.4	30.6	31.5	31.9	30.2	29.7	29.1	30.4	0.0

PROYECTO DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR PARA EL CULTIVO DEL AGUACATE EN LA FINCA OJO DE AGUA EN LA LOCALIDAD DE SAN FRANCISCO LIBRE.

Tabla 33: Humedad relativa.

**Estación: SAN FRANCISCO LIBRE /
SAN FRANCISCO LIBRE**

Código: 69 025

Años: 1956 - 2009

Parámetro: Humedad Relativa (%)

Latitud: 12° 29' 54" N

Longitud: 86° 16' 54" W

Elevación: 50 msnm

**Tipo:
HMO**

№o	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1956	-	-	-	-	83.6	94.2	90.9	90.0	94.4	95.5	96.5	91.6	92.1
1957	91.2	92.6	92.5	92.0	97.4	97.3	95.3	94.3	97.4	99.2	98.1	89.1	94.7
1958	95.6	93.1	96.1	94.9	94.2	98.7	98.5	97.2	98.1	98.2	96.8	97.6	96.6
1959	96.6	94.9	96.2	95.2	96.7	97.1	96.1	96.1	94.5	93.3	96.1	98.0	95.9
1960	96.2	97.2	95.6	93.6	95.6	94.7	92.3	93.8	94.2	95.1	95.1	95.2	94.9
1961	92.2	92.5	93.5	94.3	94.2	96.8	95.1	94.6	94.2	94.8	95.3	93.0	94.2
1962	94.0	91.0	90.9	87.9	89.3	95.3	93.3	94.3	95.2	94.6	95.5	94.3	93.0
1963	91.2	92.1	91.2	88.5	94.1	95.7	95.9	95.6	96.3	93.8	95.4	96.2	93.8
1964	96.1	94.2	92.4	92.5	96.2	94.9	97.1	94.4	95.7	96.4	96.9	97.9	95.4
1965	95.7	95.5	92.1	92.2	90.5	93.4	91.6	91.2	90.9	92.1	91.2	91.5	92.3
1966	91.7	91.9	92.8	88.2	91.4	94.6	95.5	95.6	97.6	97.1	91.7	94.2	93.5
1967	89.9	87.4	86.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87.8
1968	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94.6	94.6
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	94.4	91.1	87.1	81.8	88.6
1970	82.3	70.8	72.6	69.9	73.1	79.9	87.3	88.5	90.4	87.5	88.9	82.9	81.2
1971	76.2	80.9	65.7	64.7	71.1	80.4	76.6	83.9	89.9	90.1	87.3	79.2	78.8
1972	75.2	71.1	71.2	63.0	80.5	76.9	58.4	57.3	58.0	65.5	63.9	57.4	66.5
1973	54.0	50.7	50.5	51.4	59.5	68.0	68.0	76.2	86.2	86.1	66.9	59.9	64.8
1974	57.8	48.5	47.8	45.2	65.1	73.5	61.7	63.1	87.2	79.1	63.9	57.8	62.6
1975	55.6	50.8	48.0	44.9	61.5	63.4	61.9	66.4	84.9	80.9	81.1	63.3	63.6
1976	55.8	52.6	46.7	48.0	56.7	74.8	61.2	58.0	58.1	77.6	64.5	55.3	59.1
1977	48.5	47.8	45.7	47.8	63.5	71.7	58.7	59.8	66.6	68.7	64.3	54.1	58.1
1978	49.4	48.0	49.3	51.2	63.9	64.1	62.5	55.3	75.8	78.8	61.2	53.0	59.4
1979	48.2	45.9	57.2	56.1	67.3	83.4	72.6	74.0	86.7	83.0	79.0	64.7	68.2
1980	56.8	51.3	47.7	48.7	64.8	67.6	66.0	74.1	77.6	82.6	78.9	62.5	64.9
1981	54.8	48.7	53.6	-	71.8	84.3	74.1	75.4	76.6	79.7	70.3	63.9	68.5
1982	57.9	49.6	48.3	47.3	70.1	74.9	66.4	59.1	76.6	70.7	59.5	53.7	61.2
1983	50.9	52.4	54.2	50.4	49.4	70.9	62.4	64.2	72.3	71.8	67.2	61.5	60.6
1984	47.1	41.6	41.0	52.7	51.8	62.7	68.5	69.8	74.3	68.6	68.9	55.8	58.6
1985	62.8	60.6	50.6	50.8	60.5	68.1	62.5	66.7	74.0	77.6	71.1	60.0	63.8
1986	58.7	61.8	55.3	45.6	64.6	72.4	61.2	54.8	61.8	70.8	61.2	57.1	60.4
1987	58.4	57.2	55.5	49.5	60.7	68.1	70.1	67.5	71.6	72.8	64.8	62.0	63.2
1988	61.6	60.5	60.6	58.6	-	-	-	-	-	-	-	-	60.3
Suma	2142.3	2073.2	2040.8	1865.2	2179.2	2357.8	2241.4	2251.3	2511.6	2533.2	2398.7	2319.1	2531.1

PROYECTO DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR PARA EL CULTIVO DEL AGUACATE EN LA FINCA OJO DE AGUA EN LA LOCALIDAD DE SAN FRANCISCO LIBRE.

Media	71.4	69.1	68.0	66.6	75.1	81.3	77.3	77.6	83.7	84.4	80.0	74.8	76.7
Máximo	96.6	97.2	96.2	95.2	97.4	98.7	98.5	97.2	98.1	99.2	98.1	98.0	1159.0
Mínimo	47.1	41.6	41.0	44.9	49.4	62.7	58.4	54.8	58.0	65.5	59.5	53.0	0.0

Tabla 34: Viento medio.

Estación: SAN FRANCISCO LIBRE / SAN FRANCISCO LIBRE

Código: 69025

Años: 1956 - 2006

Parámetro: Viento medio 170 (m/seg)

Latitud: 12° 29' 54" N

Longitud: 86° 16' 54" W

Elevación: 50 msnm

Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	1.5	1.3
1983	1.6	1.8	1.8	1.8	2.0	0.9	1.2	1.3	0.8	0.6	0.7	1.1	1.3
1984	1.4	1.6	1.8	1.8	1.8	1.0	0.9	0.9	0.5	0.3	0.7	1.4	1.2
1985	1.5	2.0	2.1	1.9	1.2	0.8	0.9	0.9	0.7	0.5	0.5	1.0	1.2
1986	1.3	1.5	1.7	1.8	1.4	0.7	0.9	1.0	0.9	0.7	1.0	1.5	1.2
1987	1.7	2.1	1.8	1.9	1.3	0.9	0.8	0.8	0.6	0.7	1.0	1.5	1.3
1988	1.8	2.1	2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0
Suma	9.4	11.1	11.4	9.2	7.7	4.4	4.8	5.0	3.7	2.8	5.1	8.1	9.5
Media	1.6	1.8	1.9	1.8	1.5	0.9	1.0	1.0	0.7	0.6	0.9	1.3	1.4
Máximo	1.8	2.1	2.1	1.9	2.0	1.0	1.2	1.3	0.9	0.7	1.2	1.5	16.0
Mínimo	1.3	1.5	1.7	1.8	1.2	0.7	0.8	0.8	0.5	0.3	0.5	1.0	0.0

PROYECTO DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR PARA EL CULTIVO DEL AGUACATE EN LA FINCA OJO DE AGUA EN LA LOCALIDAD DE SAN FRANCISCO LIBRE.

Tabla 35: Nubosidad.

Estación: SAN FRANCISCO LIBRE / SAN FRANCISCO LIBRE

Latitud: 12° 29' 54" N

Código: 69025

Longitud: 86° 16' 54" W

Años: 1956 – 2006

Elevación: 50 msnm

Parámetro: nubosidad (octas)

Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1972	-	-	-	-	-	5.4	5.2	5.7	5.4	4.6	4.4	3.6	4.9
1973	2.4	2.8	3.8	4.6	5.8	5.6	5.3	5.0	5.5	5.3	3.8	2.5	4.4
1974	3.4	2.0	3.1	3.4	4.6	4.7	4.1	4.8	5.0	4.8	3.7	3.6	3.9
1975	4.1	3.4	3.2	3.3	4.5	4.7	4.3	4.8	5.8	4.6	4.6	2.7	4.2
1976	3.5	3.0	2.9	3.8	4.0	4.9	4.4	4.2	4.3	4.4	3.8	2.9	3.8
1977	2.1	2.5	2.2	3.8	4.8	4.6	4.3	4.2	4.4	4.3	4.2	3.2	3.7
1978	3.1	-	-	-	4.7	5.2	5.1	4.7	4.9	4.3	4.0	3.3	4.4
1979	2.3	2.2	3.2	4.3	4.5	5.4	4.3	5.0	5.6	4.7	3.9	3.0	4.0
1980	2.9	1.8	2.2	2.5	4.1	3.7	3.6	3.9	4.0	4.3	3.3	2.1	3.2
1981	1.1	2.4	2.6	-	4.2	4.3	3.1	3.9	3.1	3.7	2.7	2.4	3.0
1982	2.2	2.3	1.9	2.5	4.6	3.5	3.0	2.8	3.7	3.1	2.6	1.8	2.8
1983	2.3	2.4	2.2	2.1	2.4	3.4	3.2	3.1	3.8	3.3	2.8	2.4	2.8
1984	2.5	2.5	2.7	2.3	3.5	3.9	3.7	3.5	4.6	3.2	4.1	3.0	3.3
1985	1.6	2.3	1.9	3.2	3.3	4.1	3.8	3.8	3.4	3.6	2.5	2.1	3.0
1986	1.7	1.9	2.1	2.4	4.7	4.6	4.3	3.8	3.9	4.7	4.1	3.2	3.4
1987	2.6	2.7	3.6	4.7	5.1	5.1	5.2	5.4	4.9	4.9	4.1	4.0	4.4
1988	3.7	3.5	3.3	3.8	-	-	-	-	-	-	-	-	3.6
Suma	41.6	37.6	40.9	46.8	65.0	73.1	66.9	68.7	72.4	67.8	58.3	45.8	62.8
Media	2.6	2.5	2.7	3.3	4.3	4.6	4.2	4.3	4.5	4.2	3.6	2.9	3.7
Máximo	4.1	3.5	3.8	4.7	5.8	5.6	5.3	5.7	5.8	5.3	4.6	4.0	52.4
Mínimo	1.1	1.8	1.9	2.1	2.4	3.4	3.0	2.8	3.1	3.1	2.5	1.8	0.0

PROYECTO DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR PARA EL CULTIVO DEL AGUACATE EN LA FINCA OJO DE AGUA EN LA LOCALIDAD DE SAN FRANCISCO LIBRE.

Tabla 36: Precipitación.

Estación: SAN FRANCISCO LIBRE / SAN FRANCISCO LIBRE

Código: 69 025

Años: 1956 – 2009

Parámetro: Precipitación (mm)

Latitud: 12° 29' 54" N

Longitud: 86° 16' 54" W

Elevación: 50 msnm

Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1956	-	-	-	-	74.3	157.1	60.4	85.9	302.8	209.1	204.1	0.5	1094.2
1957	1.3	0.0	0.0	0.0	168.6	109.7	41.2	25.7	374.8	231.0	18.8	0.0	971.1
1958	0.0	0.0	46.4	0.0	184.9	355.9	69.5	33.6	368.0	133.3	23.1	0.0	1214.7
1959	0.0	0.0	1.0	0.0	63.0	181.3	5.6	140.8	95.1	333.4	32.0	0.0	852.2
1960	0.0	6.6	0.0	27.2	132.3	340.5	142.0	252.2	224.1	565.3	94.9	5.3	1790.4
1961	0.0	2.5	0.0	0.0	52.2	151.9	104.3	58.7	344.7	296.2	152.9	5.6	1169.0
1962	3.6	0.0	0.0	0.0	33.5	202.8	94.6	117.5	230.4	322.6	37.9	0.0	1042.9
1963	0.0	18.0	8.1	2.3	132.6	124.8	97.4	45.2	266.6	199.9	116.8	2.8	1014.5
1964	0.0	0.0	0.0	173.3	62.0	265.9	126.1	166.8	211.6	298.4	34.0	0.0	1338.1
1965	0.0	0.0	0.0	0.0	63.0	164.8	16.0	25.1	278.3	133.7	11.6	1.8	694.3
1966	0.0	0.0	0.0	111.2	240.8	342.6	132.8	41.6	225.9	168.7	44.9	48.5	1357.0
1967	3.0	0.0	0.0	85.8	0.0	173.0	22.4	55.9	142.6	55.4	43.4	2.0	583.5
1968	0.0	0.0	0.0	0.0	237.7	165.7	109.7	60.8	275.4	503.9	17.1	0.0	1370.3
1969	14.0	0.0	0.0	111.0	267.4	246.6	83.6	274.6	296.4	404.0	58.2	5.1	1760.9
1970	3.6	0.0	0.8	21.8	220.0	105.8	211.5	286.4	271.5	123.7	173.1	6.1	1424.3
1971	4.9	0.0	0.0	1.3	116.8	126.6	48.4	185.6	436.2	343.8	13.9	0.0	1277.5
1972	0.0	0.0	0.0	0.0	50.4	115.8	32.4	7.4	22.4	41.2	40.5	1.9	312.0
1973	0.0	0.3	0.0	4.6	117.1	118.7	90.2	222.7	541.2	309.5	16.4	0.0	1420.7
1974	1.1	0.0	0.0	0.0	208.7	118.3	25.6	79.8	500.8	171.4	1.3	0.0	1107.0
1975	0.9	0.0	0.0	0.0	108.0	35.4	110.1	78.7	627.1	212.4	147.8	0.4	1320.8
1976	0.0	0.0	0.0	14.4	55.4	218.9	16.6	9.5	74.5	286.2	9.7	0.0	685.2
1977	0.0	0.0	0.0	0.0	111.2	140.7	5.1	9.3	233.4	57.6	74.1	0.4	631.8
1978	0.7	0.0	0.0	6.0	214.0	57.0	79.1	45.1	267.6	245.8	6.6	2.7	924.6
1979	0.0	0.0	0.0	51.4	28.1	281.6	14.9	192.3	445.2	289.8	35.3	0.0	1338.6
1980	0.0	0.0	0.0	0.0	203.0	202.4	41.6	106.5	231.1	223.5	149.5	0.0	1157.6
1981	0.0	0.4	14.8	39.9	455.5	447.5	68.4	210.2	73.9	158.8	35.7	25.6	1530.7
1982	0.0	0.3	0.1	75.7	810.9	147.9	16.4	8.2	137.7	64.2	25.5	0.8	1287.7
1983	0.0	0.0	5.4	2.3	214.0	91.2	49.5	60.3	218.2	123.0	96.2	0.0	860.1
1984	0.0	0.0	9.8	0.0	61.1	178.5	81.9	101.7	346.0	125.1	25.8	0.0	929.9
1985	0.0	0.0	0.0	16.5	95.6	104.3	62.2	112.1	129.0	454.2	134.8	0.0	1108.7
1986	0.0	0.0	0.0	0.0	467.7	201.3	34.4	59.1	65.5	73.1	2.8	0.0	903.9
1987	16.7	1.6	14.4	0.0	110.7	174.0	68.8	96.6	245.2	89.1	0.0	5.9	823.0
1988	0.0	0.0	0.0	15.2	-	-	-	-	-	-	-	-	15.2
1992	-	-	-	-	-	-	8.5	40.6	96.6	25.8	25.0	0.0	196.5
1994	0.0	0.0	0.0	63.8	13.7	21.0	0.0	20.7	51.4	89.3	172.6	0.0	432.5

PROYECTO DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR PARA EL CULTIVO DEL AGUACATE EN LA FINCA OJO DE AGUA EN LA LOCALIDAD DE SAN FRANCISCO LIBRE.

1995	0.0	0.0	17.0	60.0	122.3	425.5	146.5	621.7	460.7	312.5	25.2	27.0	2218.4
1996	13.5	0.0	0.0	23.7	315.6	146.9	295.9	320.6	192.9	392.6	316.9	0.0	2018.6
1997	0.0	0.0	0.0	25.8	19.6	469.4	61.1	22.6	172.5	291.7	73.3	0.0	1136.0
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	64.0	189.1	110.5	262.7	479.1	1158.7	126.5	0.0	2390.6
1999	0.0	0.0	15.1	0.0	238.2	171.2	160.2	77.8	523.8	292.0	69.8	0.0	1548.1
2000	0.0	0.0	0.0	11.0	98.0	98.6	59.0	68.1	412.9	88.5	0.0	0.0	836.1
2001	0.0	0.0	0.0	0.0	191.5	23.0	11.0	46.1	303.0	84.0	0.0	4.6	663.2
2002	0.0	0.0	0.0	0.0	253.0	169.3	56.8	41.6	324.8	78.8	27.0	0.0	951.3
2003	0.0	0.0	116.3	0.0	47.4	177.3	25.0	41.4	118.3	199.3	71.9	0.0	796.9
2004	0.0	0.0	0.0	0.0	80.9	43.1	30.6	31.5	202.0	205.1	44.2	0.0	637.4
2005	0.0	0.0	0.0	59.2	232.6	273.2	168.2	136.2	317.2	498.2	23.6	0.0	1708.4
Suma	63.3	29.7	249.2	1003.4	7037.3	8056.1	3296.0	4987.5	12158.4	10963.8	2854.7	147.0	50846.4
Media	1.4	0.7	5.7	22.8	159.9	183.1	73.2	110.8	270.2	243.6	63.4	3.3	1105.4
Máximo	16.7	18.0	116.3	173.3	810.9	469.4	295.9	621.7	627.1	1158.7	316.9	48.5	2390.6
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0	0.0	7.4	22.4	25.8	0.0	0.0	0.0

Tabla 37: Coeficiente del Cultivo del Aguacate

Tabla de Coeficientes de Cultivo (Kc) en Frutales Adultos												
Cultivo	MES											
	Ene	Feb	Ma.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Aguacate	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65

Fuente: SDAD Cooperativa de Campo Palmero, COCAMPA

Tabla 38: Análisis físico de suelo

CODIGO LABSA	IDENTIFICACION	PROF cm	% H	PARTICULAS			CLASE
				Arcilla	Limo	Arena	TEXTURA
1	Calicata aguacate	0 a 30	18.18	44.4	32	23.6	Arcilla
2	Calicata aguacate	30 a 60	28.09	64.4	18	17.6	Arcilla
3	Calicata aguacate	60 a 90	28.36	52.4	14	23.6	Arcilla

Fuente: Universidad Nacional Agraria. Laboratorio de suelo y agua

Tabla 39: Análisis físico de suelo.

COD LAB	DESCRIPCION	RUTINA					BASES		MICROS			
		PH	MO	N	P-DISP	K-DISP	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
		H2O	%	PPM	me/100g suelo		Ppm					
1	AGUACATE 0 A 30	6.80	2.04	0.10	4.54	0.14	16.43	3.85	37.52	5.84	1.68	23.84
2	AGUACATE 30 A 60	7.01	1.43	0.07	0.52	0.10	19.02	5.20	7.76	2.88	0.08	22.24
3	AGUACATE 60 A 90	7.71	1.06	0.05	0.84	0.09	19.32	5.72	3.76	1.64	0.24	11.28

Fuente: Universidad Nacional Agraria. Laboratorio de suelo y agua

Tabla 40: Caudal Vs presión en el gotero

Presión (bar)	Caudal (lts/hrs)		
	2.0	4.0	8.0
0.5	1.4	2.9	5.7
1.0	2.0	4.0	8.0
1.5	2.4	4.9	9.7
2.0	2.8	5.6	11.2
2.5	3.1	6.2	12.4
3.0	3.4	6.8	13.6
3.5	3.6	7.3	14.6

Fuente: Catalogo mini in line

Tabla 41: Características del gotero

Caudal (L/h)	Color	Exponente (x)	Coefficiente (k)
2.0	Amarillo	0.44	2.0
4.0	Negro	0.44	4.0
8.0	Azul	0.47	8.0

Fuente: Catalogo mini in line

Tabla 42: Superficie mojada (Smj) por un gotero en m² en frutales para un tiempo de riego de 3-5 horas aproximadamente.

Suelo	Q = 8 l/h			Q = 4 l/h		
	Media	Intervalo	Radio Bulbo	Media	Intervalo	Radio Bulbo
Arenoso	1.40	1.0 a 1.8	0.60	0.50	0.2 a 0.8	0.40
Franco	5.35	5.0 a 5.7	1.30	1.05	0.8 a 1.3	0.60
Arcilloso	9.00	8.0 a 10	1.70	2.50	2.0 a 3.0	0.90

Fuente: Diseño de sistema de riego eficiente. Riego localizado.

Tabla 43: Diámetros de tuberías de polietileno.

DIÁMETRO NOMINAL(mm)	DIÁMETRO INTERIOR(mm)
12.5	10
16	13
20	16

Tabla 44: Diámetros de tuberías de PVC presión de 4 atm.

DIÁMETRO NOMINAL(mm)	DIÁMETRO INTERIOR(mm)
25	22.6
32	29.2
40	36.4
50	46.4
63	59.2
75	70.6
90	84.6
110	103.6
125	117.6
140	131.8
160	150.6
180	169.4
200	188.2
250	235.4
315	299.6

Tabla 45: Diámetros de tuberías de PVC presión de 6 atm.

DIÁMETRO NOMINAL(mm)	DIÁMETRO INTERIOR(mm)
25	22.6
32	29.6
40	37.2
50	47.2
63	59.4
75	71.4
90	86.4
110	105.6
125	120
140	134.4
160	153.6
180	172.8
200	192
250	240.2
315	302.6

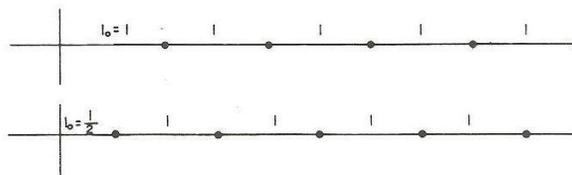
PROYECTO DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR PARA EL CULTIVO DEL AGUACATE EN LA FINCA OJO DE AGUA EN LA LOCALIDAD DE SAN FRANCISCO LIBRE.

Tabla 46: Factor de Christiansen F.

n	l _o = l					n	l _o = l/2				
	β = 1,75	β = 1,80	β = 1,85	β = 1,90	β = 2,00		β = 1,75	β = 1,80	β = 1,85	β = 1,90	β = 2,00
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,388	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,372	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0,378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,365	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
40	0,376	0,370	0,364	0,357	0,345	40	0,368	0,362	0,355	0,349	0,338
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343	50	0,367	0,361	0,354	0,348	0,337
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342	100	0,365	0,359	0,353	0,347	0,335
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,340	200	0,365	0,358	0,352	0,346	0,334
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338						
150	0,367	0,360	0,354	0,348	0,337						
300	0,365	0,359	0,353	0,346	0,335						
>300	0,364	0,357	0,351	0,345	0,333						

n = Número de salidas.
 β = 1,75. Blasius, Cruciani-Margaritora. β = 1,85. Hazen-Williams.
 β = 1,786. Scimemi. β = 1,90. Scobey.
 β = 1,80. Iso, Veronese-Datei. β = 2. Manning, Darcy-Weisbach.

En la práctica se toman los siguientes valores de β:
 β = 1,75 para tubería de PE
 β = 1,80 para tubería de PVC
 β = 1,85 - 1,90 para tubería de aluminio



MODULO FOTOVOLTAICO ISOFOTON I-100/12

Tabla 47: Características físicas

Características Físicas	
Dimensiones	1.310x654x39.5mm
Peso	11.5 kg
Numero de células en serie	36
Numero de células en paralelo	2
Tamaño de las células	4"
TONC (800 W/m ² , 20 ⁰ C, AM 1,5, 1m/s)	47 ⁰ C

Fuente: SumSol

Tabla 48: Características eléctricas.

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)	5.75 A
Tensión de máxima potencia (Vmax)	17.4 V
Voltaje máximo del sistema	760 V
Nota: datos obtenidos en condiciones estándar de medida (CIM): 1 ^o -29 ^o C – AM= 1,5-1 = 1000 W/m ²	

Fuente: SumSol

Tabla 49: Características constructivas.

Características Constructivas	
Células	Si mono cristalino, textura dos y capa anti reflexiva
Contactos	Redundantes, múltiples en cada célula
Laminado	EVA (Etilin-Vinil acetato)
Cara frontal	Vidrio templado alta transmisividad
Cara posterior	Protegida con tedar de varias capas
Marco	Aluminio anonizado
Cajas de conexión	2 x IP-65 con diodo de by pass
Toma de tierra	Si
Certificados	CE, IEC-61215, Class II
Garantía de potencia	10 y 25 años (90 y 80%)

Fuente: SumSol

Anexo # 4

Graficas.

Grafico 1: Triangulo de clases textuales

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.

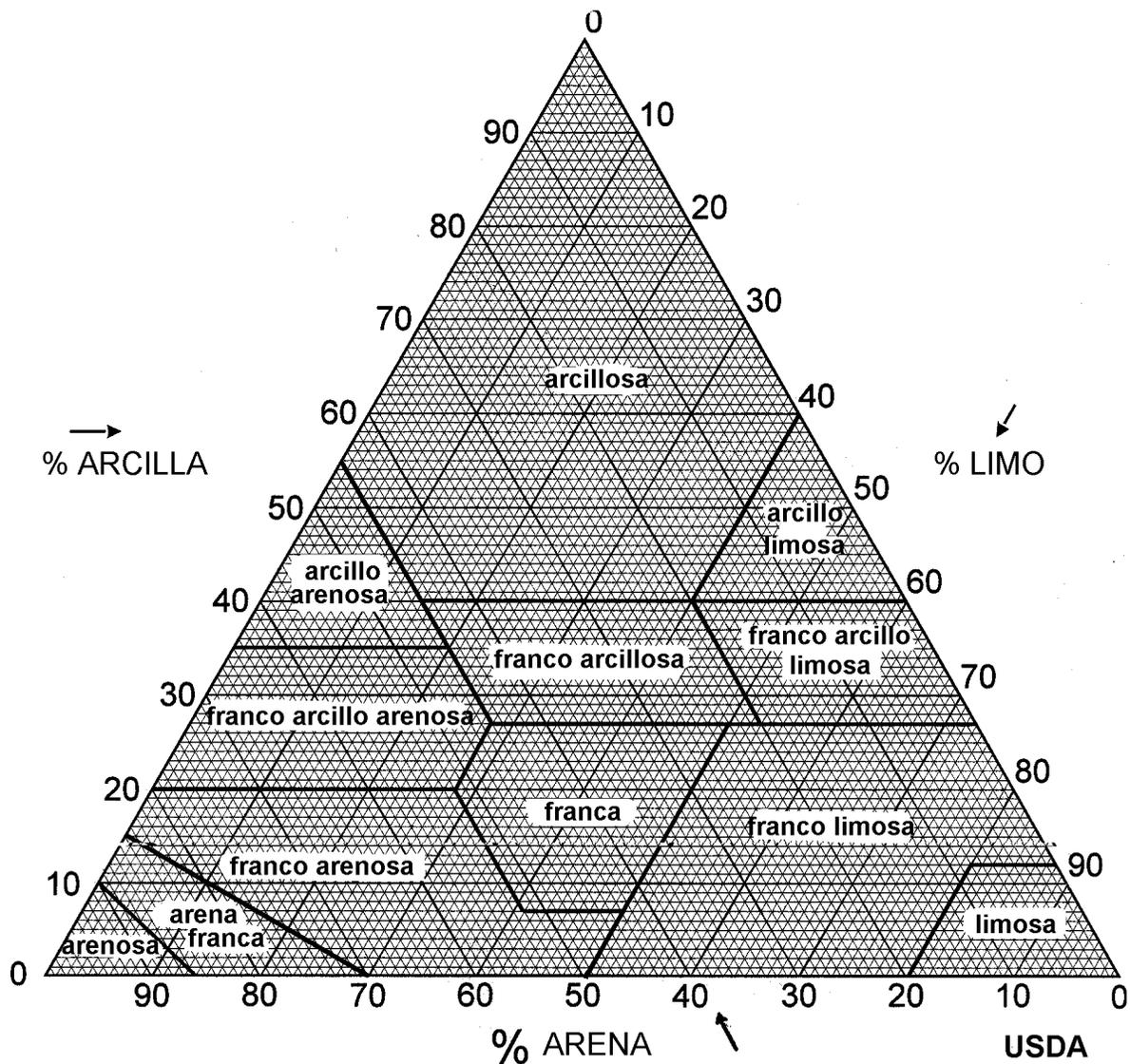


Grafico 2: Diagrama de Scholler

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, en anexo. En dicho diagrama figuran 16 campos que se asocian a 16 tipos diferentes de aguas, siendo los valores mas altos, los correspondientes a las aguas menos apropiadas para el riego de cultivos.

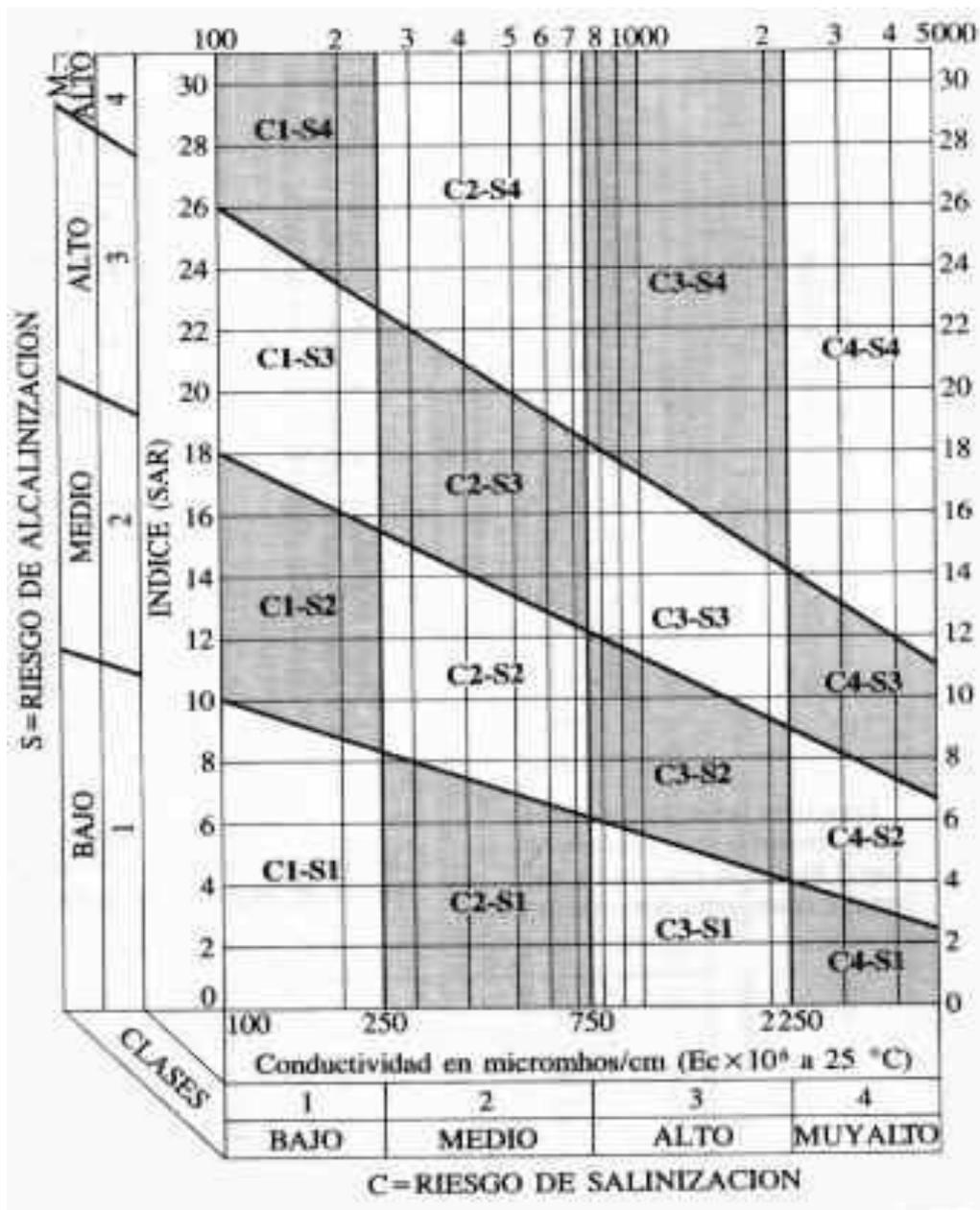


Grafico 3: Rendimiento del gotero

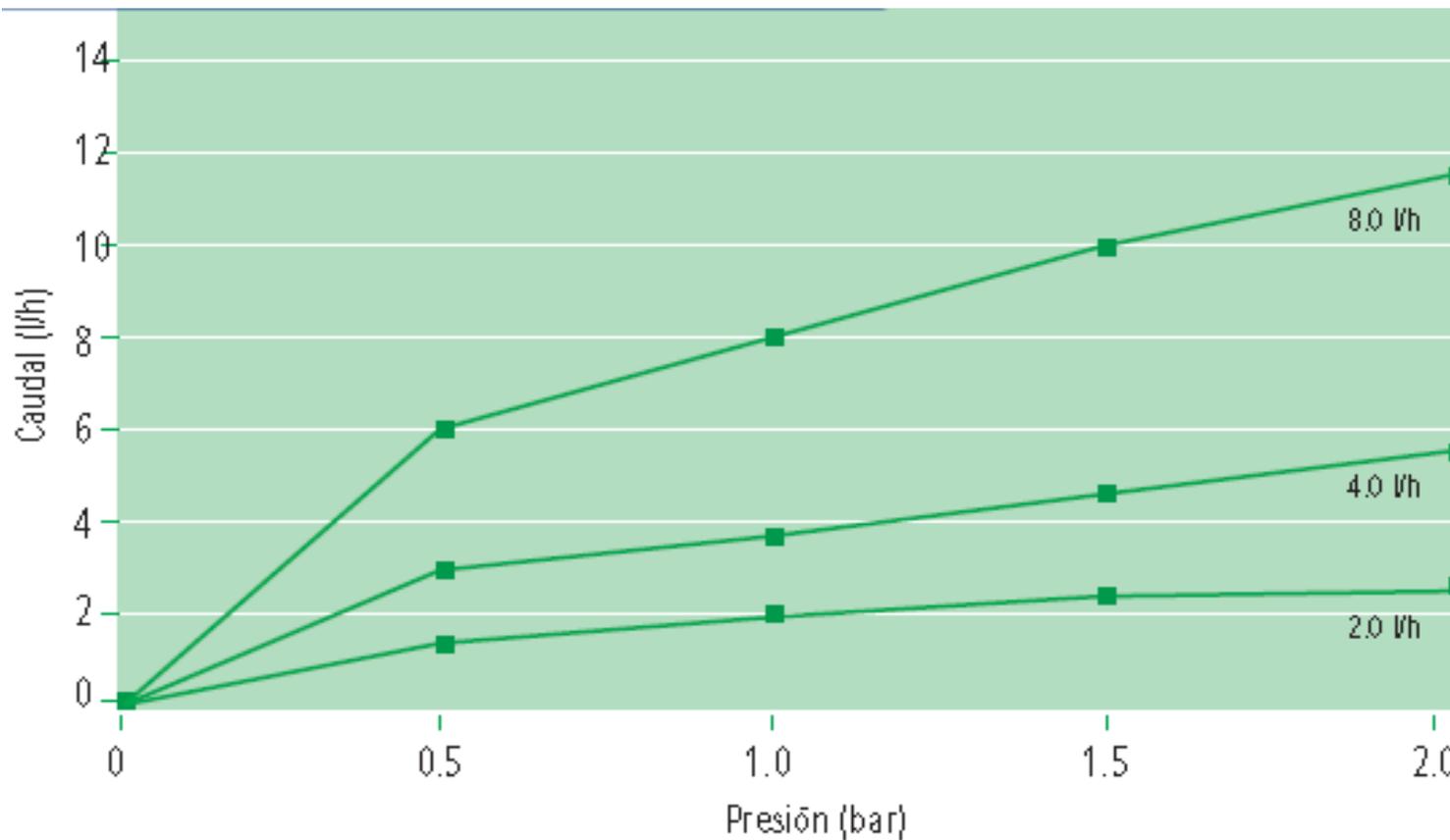


Grafico 4: Rendimientos de Bombas Serie SC con 5-6 Horas de Sol sobre Arreglo

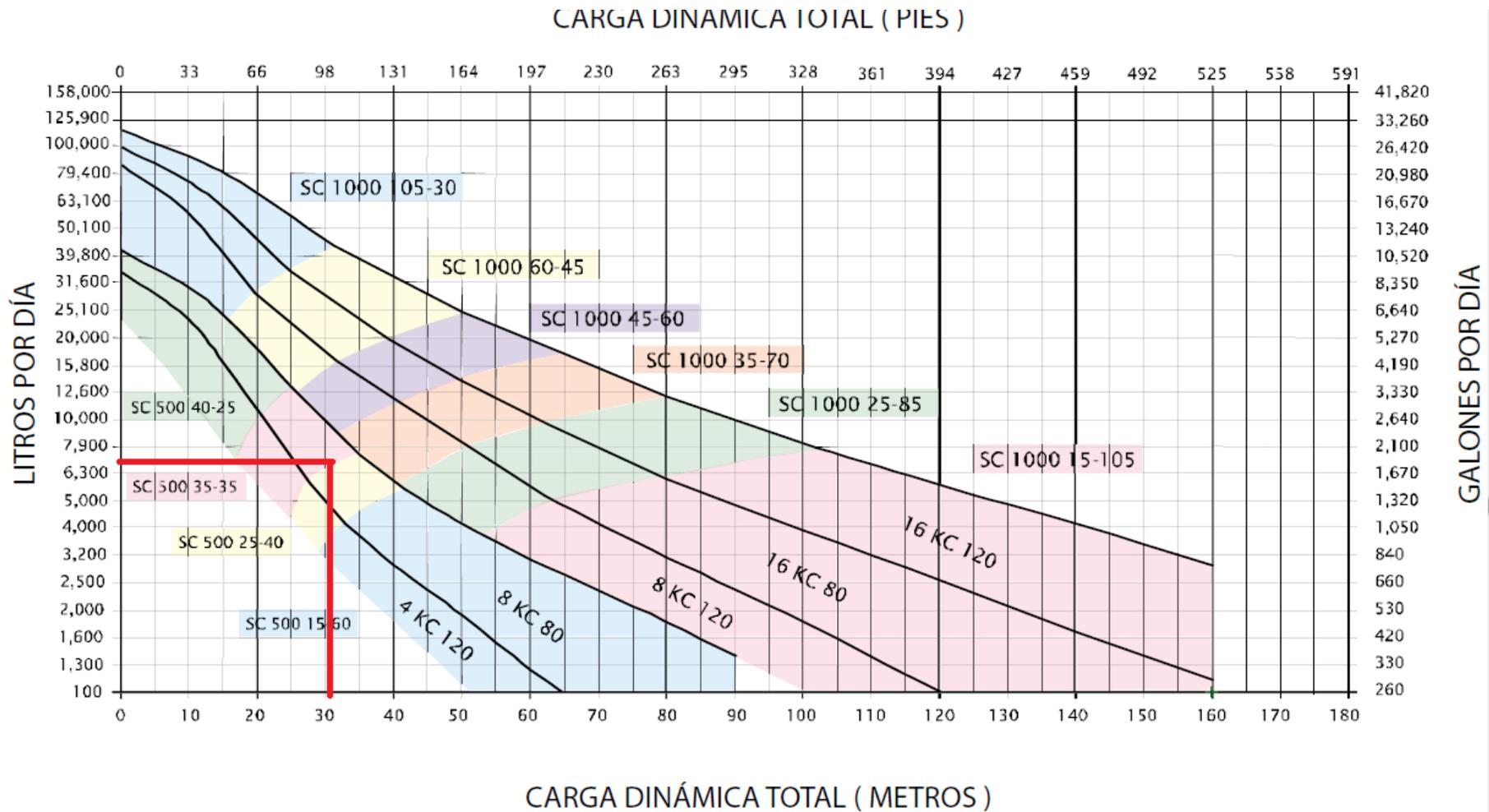


Grafico 5: México, América Central y las Naciones del Caribe Mapas de Horas de Sol sobre Arreglo

