



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
TRABAJO DE SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO
DE INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA

Diseño de un sistema de riego por goteo automatizado, alimentado con energía fotovoltaica para la finca San Antonio ubicada en la Isla de Ometepe del departamento de Rivas.

Autor:

✚ Br. Ernesto Antonio Álvarez Álvarez.

Tutora:

✚ Msc. Adriana Suazo González.

Managua, 15 de Mayo del 2019

INDICE

CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
RESUMEN.....	III
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
IV. JUTIFICACION.....	5
V. OBJETIVOS	6
5.1. Objetivo general	6
5.2. Objetivos específicos.....	6
VI. Marco Teórico	7
6.1. Automatización.....	7
6.2. Conceptos básicos	7
6.3. Elementos de un sistema de control automático.....	9
6.4. Controlador Lógico Programable (PLC).....	10
6.5. Lenguajes empleados para programar un PLC	10
6.6. Sistema fotovoltaico	12
6.7. Componentes de un sistema fotovoltaico.	13
6.8. Tipos de paneles fotovoltaicos.	13
6.9. Panel fotovoltaico	16
6.10. Elementos que componen un módulo.....	16
VII.Desarrollo.....	18
7.1 Diagnóstico en la finca y requerimientos del sistema de riego.....	18
7.1. 1 Análisis de la entrevista	18
7.1.2 Sistema de Riego actual en la finca san Antonio.....	20

7.1.3 Cultivos que ofrece la finca san Antonio.	21
7.1.4 Descripción de la fuente de agua disponible.	22
7.1.5 Condiciones climáticas en el departamento de Rivas.	25
VIII. Diseño completo del sistema de riego alimentado con energía fotovoltaico en la finca san antonio.	28
8.1 Etapa de bombeo	29
8.1.1 Especificaciones del sistema de riego automatizado, alimentado con energía fotovoltaica:	30
8.1.2 Dimensionado del sistema de bombeo fotovoltaico.	30
8.1.3 Determinación del régimen de bombeo.	31
8.1.4 Determinación de la carga dinámica total y la carga hidráulica, para determinar el control.	32
8.1.5 Medidas de los componentes hidráulicos para calcular CDT.	33
8.1.6 Determinación de la potencia del arreglo fotovoltaico	35
8.1.7 Diagrama del sistema de bombeo fotovoltaico del sistema de riego.	38
8.1.8 Captación y conversión de la energía solar.	38
8.1.9 Control del agua almacenado en el tanque	39
8.1.10 Panel fotovoltaico.	39
8.1.11 Conexión de los paneles solares	42
8.1.12 Paneles conectados en serie	42
8.1.13 Estructura de soporte de los paneles	45
8.1.14 Bomba solar o fotovoltaica	48
8.1.15 Otros componentes que conforman la etapa de bombeo.	50
8.2 Etapa de control	56
8.2.1 Controlador Lógico Programable (PLC)	59
8.2.2 Diagrama eléctrico	60
8.2.3 Componentes del circuito electrónico controlador del sistema de riego.	61
8.2.4 Conexiones del PLC con la electroválvula	62

8.2.5 Algoritmo de programación	63
8.2.6 Algoritmo de compuertas lógicas y tabla de verdad	64
8.2.7 Tiempo de activación de las electroválvulas en el riego automatizado.....	68
8.2.8 Diagrama del sistema del sistema de control fotovoltaico del sistema de riego.	68
8.2.9 Sistema de control automático	69
8.2.10 Sistema de energía fotovoltaica	69
8.2.11 Módulos solares.....	70
8.2.12 Diagrama del control de nivel de agua en el sistema.	75
8.2.13 Representación matemática del llenado del tanque	77
8.2.14 Convertir la ecuación diferencial en ecuación algebraica	79
8.2.15 Otros componentes que conforman la etapa de control.	81
8.3 Etapa de riego.....	84
8.3.1 Método de riego.....	84
8.3.2 Determinación de a evaporación.....	85
8.3.3 Determinación del tiempo de riego para los cultivos:.....	88
8.3.4 Tuberías	90
8.3.5 Goteros.....	92
8.3.6 Determinación del riego.	93
8.3.7 Tubería de portagoteros en el cultivo de sandía.....	99
8.3.8 Tuberías de portagoteros en el cultivo de tomate.....	99
8.4 Sistema de automatización PLC.....	101
8.5 Costos del sistema de riego automatizado y alimentado con energía fotovoltaica	103
8.5.1 Costo de los componentes del sistema diseñado.....	104
8.5.2 Costo de control de calidad y mantenimiento	108
8.5.3 Recuperación de inversión.....	109
8.5.4 Evaluación	111

8.5.5 Valor actual neto (VAN)	111
IX. CONCLUSIONES.....	114
X. RECOMENDACIONES.....	115
XI. BIBLIOGRAFIA	116
XII. ANEXOS	117

Índice de figura

FIGURA 1. Esquema general de un sistema de control automático.....	9
FIGURA 2. Diagrama de escalera.....	11
FIGURA 3. Codificación de lenguaje Ladder a mnemónicos.....	11
FIGURA 4. Diagrama en SFC.....	12
FIGURA 5. Convierte la luz en CD.....	13
FIGURA 6. Panel mono cristalino.	14
FIGURA 7. Panel poli cristalino.....	14
FIGURA 8. Panel amorfas.	15
FIGURA 9. Panel películas delgadas.....	15
FIGURA 10. Elementos de un Panel Fotovoltaico (Vista frontal).....	17
FIGURA 11. Mapa geográfico de la ubicación de la finca san Antonio.....	18
FIGURA 12. Tubería del sistema de riego.	20
FIGURA 13. Esquema del sistema de riego actual en la finca.	21
FIGURA 14. Delimitaciones del área del cultivo.....	21
FIGURA 15. Cultivos de frijoles y maíz.....	22
FIGURA 16. Lago Cocibolca.....	23
FIGURA 17. Plano de ubicación de la fuente de agua respecto de los bordes de la finca y de la muestra tomada.	24
FIGURA 18. Diagrama del sistema de riego, alimentado con energía fotovoltaica diseñado para la finca san Antonio.	28
FIGURA 19. Esquema básico de cálculo para el diseño de instalaciones de bombeo solar.....	30
FIGURA 20. Medidas de los componentes hidráulicos para calcular la CDT.....	33
FIGURA 21. Circuito electrónico del campo de bombeo fotovoltaico del sistema de riego por goteo automático diseñado.....	38
FIGURA 22. Panel fotovoltaico policristalino.....	39
FIGURA 23. Característica IV de un panel solar de 50 W en condiciones estándares de prueba.....	41
FIGURA 24. Curva de potencia de un panel solar de 50 W en condiciones estándares de prueba.	41
FIGURA 25. Paneles conectados en serie.....	42
FIGURA 26. Paneles conectados en paralelo.....	43
FIGURA 27. Soporte fijo de panel FV.....	46

FIGURA 28. Soporte ajustable con anclaje de superficie y anclaje a un poste.....	46
FIGURA 29. Estructura de soporte fija para los paneles PERLIGHT	47
FIGURA 30. Bomba solar sumergible ECDRIVE 600-C.....	48
FIGURA 31. Rango de operación de los sistemas ECDRIVE 600-C.....	49
FIGURA 32. Controlador LORENTZ PS2 600.....	50
FIGURA 33. Prueba del nivel de agua en el tanque.....	51
FIGURA 34. Diagrama del electro nivel de prueba alto.....	52
FIGURA 35. Tanque ecotank con capacidad de almacenamiento de 22m3.....	53
FIGURA 36. Baterías sunpower.....	56
FIGURA 37. Digrama electronico del sitema de riego automatizado con conexión directa PLC electroválvula	61
FIGURA 38. Conexión directa e indirecta de PLC-Electroválvula	63
FIGURA 39. Algoritmo de compuertas lógicas y tabla de verdad	64
FIGURA 40: Diagrama de flujo del sistema de control.	65
FIGURA 41. Programación interna del PLC.....	66
FIGURA 42. Diagrama etapa de control.....	69
FIGURA 43. Baterías SunPower.....	75
FIGURA 44. Diagrama del sistema de control de nivel de agua y flujo del sistema diseñado.....	76
FIGURA 45. Ilustración logo siemens 230RC	82
FIGURA 46. Ejemplo del sistema de riego por goteo	92
FIGURA 47. Muestra de las divisiones de las tres manzanas cultivadas en cuatro áreas.	94
FIGURA 48. Trayectoria más larga y con mayor caudal.	95
FIGURA 49. Ubicación de las electroválvulas en las tuberías de distribución.	97
FIGURA 50. Distancia de cada una de las tuberías en el sistema.	98

Índice de tabla

Tabla 1. Parámetro del brillo.	25
Tabla 2. Parámetro de la temperatura.	25
Tabla 3. Parametro del viento.	26
Tabla 4. Parámetro de humedad.	26
Tabla 5. Parámetro nubosidad.	26
Tabla 6. Resumen de cada prametro en los ultimos tres años.	27
Tabla 7. Características eléctricas y física del panel seleccionado.	40
Tabla 8. Radiación solar en el departamento de Rivas	44
Tabla 9. Especificaciones de la bomba sumergible.	49
Tabla 10. Características dl controlador solar.	51
Tabla 11. Componentes del circuito electrónico controlador del sistema de riego.	62
Tabla 12. Dias y horarios de activación de cada una de las electroválvulas de las tres manzanas de cultivos.	68
Tabla 13. Caraterísticas mecánicas y eléctricas del módulo juta.	72
Tabla 14. Características del Controlador de carga MORNINGSTAR.	72
Tabla 15. Características del inversor de carga.	73
Tabla 16. Lista de carga del sistema de control automático.	75
Tabla 17. Características generales del plc.	82
Tabla 18. Uso consuntivo de agua en la planta.	85
Tabla 19. Etapa del desarrollo de la sandía	86
Tabla 20. Etapa del desarrollo del cultivo de tomate.	86
Tabla 21. Datos climatológicos en los meses de marzo y abril.	87
Tabla 22. Uso de consumo del cultivo de tomate y del cultivo de sandia	88
Tabla 23. Tiempo de riegos para los cultivos de muestra.	89
Tabla 24. Diámetro de la tubería de distribución.	91
Tabla 25. Medidas de tuberías en el sistema.	91
Tabla 26. Presión de la tubería de los portagoteros del cultivo de sandía.	99
Tabla 27. Presión al final de cada tubería portagoteros de los sectores E, F y G.	100
Tabla 28. Presión de las tuberías de los diferentes sectores de ambos cultivos.	100
Tabla 29. Cotización del sistema	105
Tabla 30. Gastos de siembra del tomate.	107
Tabla 31. Gastos de siembra de sandía.	108
Tabla 32. Costo de personal de mantenimiento y vigilancia.	109

DEDICATORIA

Dedico con mucho orgullo la culminación de este seminario de graduación; más que un simple trabajo, una meta alcanzada con mucho esfuerzo, dedicación, empeño y trabajo.

A **Dios Padre Celestial** por concederme la sabiduría e inteligencia para enfrentar y vencer cada día a los retos que se presentaron en el proceso universitario y sobre todo por brindarme las fuerzas necesarias para continuar día a día avanzando en cada meta que me he propuesto, el cual estoy seguro que sin su ayuda no hubiera podido lograrlo.

A mis padres **Fidel Álvarez y Francisca Álvarez** por brindarme siempre todo su apoyo incondicional durante el transcurso de mi carrera universitaria, por sus grandes esfuerzos, consejos y su ayuda; por cada palabra de inspiración y aliento que he recibido de ellos en los momentos más débiles y difíciles de mi vida.

A todos los **profesores de la carrera de ingeniería electrónica**, ya que sin ellos este logro y meta alcanzada no hubiese sido posible, puesto que cada día transmitieron parte de sus conocimientos con mucha devoción, vocación y humanismo que siempre los caracteriza.

BR. Ernesto Antonio Álvarez Álvarez

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias primeramente a **Dios Padre Celestial** por haber sido la luz en el camino de mi vida universitaria y me haya iluminado para la preparación y elaboración de este trabajo el cual es la culminación de mi carrera profesional.

A mis padres **Fidel Álvarez y Francisca Álvarez**, por su gran empeño para hacer de mi un hombre de bien, por sus consejos, sus valores y dedicación, sobre todo por su amor incondicional, siendo la culminación de este trabajo el fruto de sus esfuerzos durante todos estos años, a mis hermanos, por ser parte importante en la finalización de mi carrera profesional y desarrollo como persona.

A la tutora **MSC. Adriana Suazo González** por guiarme y dirigirme durante todo el proceso investigativo y brindarme los medios necesarios e información básica para desarrollar con éxito el trabajo.

Al **MSC. Reynaldo Espino** por su valiosa contribución y apoyo en la realización de este trabajo y a cada uno de los docentes de la carrera de electrónica por transmitirme sus conocimientos científicos y pedagógicos, a mis amigos y todas aquellas personas que de alguna manera aportaron un granito de arena para lograr culminar con éxito mi carrera profesional.

A la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua), por permitirme ser parte del gremio estudiantil, por brindarme los beneficios que la universidad ofrece a sus estudiantes y formarnos como profesionales en esta reconocida Institución Universitaria.

RESUMEN

El estudio está dirigido al diseño de un sistema de riego automatizado, alimentado con energía fotovoltaica, para una finca de 15 manzanas localizada en el departamento de Rivas en la Isla de Ometepe, como una solución a la problemática presente en esa zona la cual no cuenta con la energía eléctrica comercial en diferentes comunidades y que es necesaria para atender el riego de los cultivos.

La realización del estudio examina la descripción de la fuente de agua (el lago) disponible en la parte norte de la finca, y a partir de la recopilación de los datos mencionados se elaboró el diseño del sistema de riego automatizado, alimentado con energía fotovoltaica. Las descripciones del sistema que se determinaron fueron; el procedimiento de riego, el sistema de control automático y el sistema de alimentación fotovoltaica.

Se planteó el sistema de riego automatizado, alimentado con energía fotovoltaica, utilizando tres diferentes tecnologías: tecnología de sistemas de riego, tecnología de sistemas de automatización y tecnología de alimentación fotovoltaica.

I. INTRODUCCIÓN

En la actividad agrícola, la producción de los perecederos requiere de muchas soluciones o aspectos, por tanto con el avance de las tecnologías se han implementado los sistemas de riego, que minimicen el consumo de agua en los cultivos.

El presente trabajo consiste en crear una propuesta de un sistema de riego por goteo automatizado, alimentado con energía fotovoltaica en la finca "**San Antonio**", ubicada en la Isla de Ometepe, municipio de Altagracia, departamento de Rivas; este proyecto utilizara energía solar para poder bombear el líquido proveniente del lago Cocibolca, hasta donde estará ubicado el tanque de almacenamiento conectada a una red de tubería para el riego de los cultivos.

En este prototipo se plantea el diseño de un sistema de bombeo y riego automatizado, usando como fuente energética la energía solar fotovoltaica, en una finca productora principalmente de plátanos, tomate y sandía, ubicada en la población de la isla de Ometepe (Rivas), con el propósito de encontrar una solución que mejore el rendimiento de la actividad agrícola en este sector del país.

La propuesta de sistema de riego por goteo automatizado, está dividida en tres etapas Cada una cumple funciones que son importantes para el funcionamiento del sistema de riego, estas son:

- ❖ Etapa de bombeo
- ❖ Etapa de control
- ❖ Etapa de riego

Un sistema de riego automatizado alimentado con energía solar incrementa su eficiencia y mejora el control y la administración del sistema, ya que en todo momento se está supervisando mediante un controlador lógico programable llamado PLC.

II. ANTECEDENTES

En el país existen fincas que trabajan con sistemas de riego con diésel, ya que el mismo, se enfrenta al problema de los cambios climáticos con un aumento sensible de las temperaturas, por lo que el riego es indispensable en la agricultura. Para este estudio se realizaron diferentes investigaciones, nacionales en los cuales se encontraron los siguientes datos.

En el año 2010 los Bachilleres Napoleón, William y Pavel, diseñaron un sistema de riego por aspersión automático controlado por PLC's y alimentado con energía solar para los jardines del sector de edificios impares de la UNAN-Managua RURD, con el propósito de solucionar la problemática del derroche de agua potable presente en el Recinto.

En el diseño se incluyen controladores lógicos programables (PLC's) para controlar la apertura o cierre total de electroválvulas las cuales permiten o bloquean el paso de agua hacia las tuberías y componentes de riego del jardín. En total se incluyen en el diseño 8 PLC's con 1 módulo de expansión cada uno, 59 electroválvulas, entre otros componentes de protección eléctrica.

El consumo del sistema de riego automático era de 1,107.5Wh/d en el verano y 1,057.35Wh/d en invierno, por lo tanto se empleó en el diseño 4 paneles solares de 65W cada uno para generar una potencia de 1623.18Wh/día en verano y 1558.77Wh/día. Para la reserva de energía se seleccionó un banco de 8 baterías herméticas de Pb- ácido de 12V - 115Ah, con una capacidad de almacenamiento de 11,040Wh y un ciclo de vida para cada batería de hasta 900 carga-descargas.

Un sistema de bombeo automatizado y alimentado con energía fotovoltaica para cultivos de cítricos en la finca "El Santiago" ubicado en el municipio de la concepción Masaya fue realizado en el año 2016 por David Emmanuel Castillo Cerda estudiante de la carrera de ingeniería electrónica de la universidad de la UNAN-MANAGUA.

Propuesta de un sistema de riego controlado por PIC'S alimentado con energía fotovoltaica para los jardines de los pabellones pares de la UNAN-MANGUA, fue realizado por estudiantes, Kenia margarita Martínez Rivera, carlós Javier Mendoza y Milton Santiago Velásquez Velásquez de ingeniería electrónica de la universidad UNAN-MANAGUA.

Diseño de un sistema de riego automatizado, alimentado con energía fotovoltaica para una finca de cinco manzanas localizada en el viejo Chinandega. Fue realizado en el año 2011 por los bachilleres Abelson D. Blandino Silva, Ramiro I. García Uriza y Silvio E. Baltodano Fierro, estudiante de la carrera de ingeniería electrónica de la universidad de la UNAN-MANAGUA.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La finca “San Antonio” ubicada en el municipio de Altagracia Isla de Ometepe a 36.7 kilómetros del departamento de Rivas y a 163 km de la capital en la zona sur de Nicaragua, posee 15 manzanas de tierra que son utilizados para la siembra de plátanos, sandía, tomate etc. Sin embargo la misma presenta algunas debilidades dentro de las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- No cuenta con fluido eléctrico convencional, para alimentar los componentes encargados.
- Genera muchos gastos económicos en el sistema de riego a base de combustible.
- Maximiza el trabajo de los encargados de los cultivos y del sistema de riego actualmente utilizado.

Por lo antes mencionado, surge la necesidad de implementar un sistema de riego que sea más accesible para el productor y le permita obtener una mejor producción.

IV. JUTIFICACION

El departamento de Rivas es considerado una de las fuentes más importantes de generadora de percederos, sin embargo, muchas veces las fincas donde estos son cultivados, no cuentan con los mecanismos necesarios para mejorar la calidad de estos productos durante los periodo de sequía (verano), una de ellas es la finca San Antonio ubicada en el municipio de Altagracia Isla de Ometepe, la cual posee 15 manzanas de tierras cultivables, las que son aprovechadas para la siembra de plátanos, sandía, tomate, entre otros.

Unos de las mayores necesidades que tiene esta esta finca es la escases de energía eléctrica para así poder explotar la tierra con los cultivos de percederos, es por eso que se ha implementado el riego por medio de combustible, pero con este sistema utilizado ha sido muy complicado el éxito total en el riego de los cultivos porque genera muchos gastos económicos, además que no hay muchos recursos económicos para el mantenimiento de toda la temporada que necesita del riego.

Es por lo antes mencionado que se ha diseñado un prototipo de sistema de riego por goteo automatizado alimentado con energía fotovoltaica, para implementar propuesta para el ahorro y consumó económico de los agricultores.

Se pretende que la finca San Antonio cuente con los beneficios que provee el sistema de riego por goteo automatizado, para mejorar la calidad de sus cosechas y minimizar así los daños causados al medio ambiente, evitando el consumo de combustible.

Se está proponiendo este proyecto debido a que en los últimos años los cambios climáticos han provocado mucha sequias. La estación lluviosa en la zona y el resto del país no han sido muy buenos en los últimos años, extendiendo así la temporada de verano, por esta razón es que se pretende implementar el método de riego por goteo automatizado a los cultivos de la finca.

V. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Diseñar un prototipo de sistema de riego por goteo automatizado alimentado con energía fotovoltaico aplicado a la finca San Antonio ubicada en la Isla de Ometepe del departamento de Rivas.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar un diagnóstico en la finca y requerimientos del sistema de riego para los cultivos establecidos.
- ✓ Diseñar el esquema y circuito que será usado para el sistema de riego alimentado con energía fotovoltaico.
- ✓ Aplicar la modalidad de automatización más óptima para un mayor desempeño del sistema
- ✓ Realizar un presupuesto (VAN y TIR) de la inversión del sistema automatizado y alimentado con energía fotovoltaica para la finca San Antonio localizada en el municipio de Altagracia Isla de Ometepe departamento de Rivas.

VI. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se plantea como se estructura un sistema de riego, también se podrá apreciar el aprovechamiento de energía solar y el sistema de riego el cual consta de una serie de componentes, además en el mismo se mencionaran algunas de las definiciones de cada uno y los tipos de paneles que existen entre otros.

6.1. AUTOMATIZACIÓN

Para automatizar un proceso, es necesario controlar las diferentes variables que actúan en dicho proceso y controlar los diversos eventos y actividades de cada variable, se puede definir el control automático como la toma de decisiones considerando los eventos y sus parámetros, dentro de un proceso, de manera autónoma, sin la intervención de un ser humano.

El control automático se puede definir o relacionar a la automatización como una tecnología que es basada en la técnica para la realización de un proceso y apoyada en otras tecnologías actuales como la mecánica, la electrónica o la computación, que crea los elementos necesarios para que un proceso se realice de manera autónoma.

6.2. CONCEPTOS BÁSICOS

Ogata K. (1998) define los conceptos básicos sobre el control automático de la siguiente manera:

Variable controlada y variable manipulada: La variable controlada es la cantidad o condición que se mide y controla. La variable manipulada o resultado del sistema, es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada.

Controlar significa medir el valor de la variable controlada del sistema y aplicar la variable manipulada al sistema para corregir o limitar una desviación del valor medido a partir de un valor deseado.

Plantas: Es la parte de un equipo o un conjunto de las partes de una máquina que funcionan juntas con el propósito de ejecutar una operación particular.

Proceso: Cualquier operación a controlar, por ejemplo los procesos químicos, económicos, biológicos, etc.

Sistemas: Combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado. Un sistema no necesariamente es físico.

Perturbaciones: Señal que puede afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación es dentro del sistema se dice interna, una perturbación externa se origina fuera del sistema y se considera como entrada.

Control realimentado: Operación que en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia y lo continúa haciendo con base en esta diferencia.

Sistemas de control realimentados: Es un sistema que mantiene una relación señalada entre la salida y la entrada de referencia, comparándolas y usando la diferencia como medio de control. Un ejemplo puede ser el sistema de control de temperatura de una habitación.

Sistemas de control en lazo cerrado: Son los sistemas de control realimentados se llaman también sistemas de control en lazo cerrado.

Sistemas de control en lazo abierto: Son los sistemas en los cuales la salida no afecta el control. En un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. Cualquier sistema de control que opere con una base de tiempo es en lazo abierto. Ejemplo: una lavadora, ya que no mide la señal de salida, que es la limpieza de la ropa.

Sistemas de control en lazo cerrado en comparación con los sistemas en lazo abierto: Una ventaja del sistema de control en lazo cerrado es que el uso de la realimentación vuelve la respuesta del sistema relativamente insensible a las perturbaciones externas y a las variaciones internas en los parámetros del sistema. Por tanto, es posible usar componentes relativamente precisos y baratos para

obtener el control adecuado de una planta determinada, en tanto que hacer eso es imposible en el caso de un sistema en lazo abierto. SI: Sistema Internacional

6.3. ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

Los elementos que componen un sistema automático no son independientes, sino que están íntimamente relacionados entre sí, de forma que las modificaciones que se producen en uno de ellos pueden influir en los demás. En la figura No.1 se muestra como esta general estructurado un sistema de control automático.

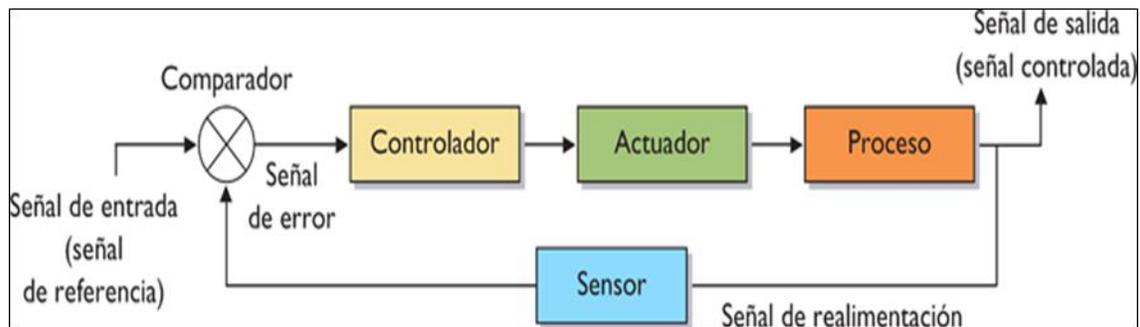


FIGURA 1.ESQUEMA GENERAL DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO.

FUENTE: [HTTP://ES.WIKIPEDIA.ORG](http://es.wikipedia.org)

Comparador o detector de error: Es un dispositivo electrónico que compara la señal de salida, captada por el sensor, con la señal de entrada, a partir de la diferencia entre ambas señales, el comparador produce una señal de error, y la envía al controlador. Los dispositivos que se utilizan como comparadores son: máquinas síncronas, células fotoeléctricas, circuitos electrónicos, termómetros, manómetros, entre otros.

Controlador o regulador: El controlador interpreta el error que se ha producido y actúa para anularlo. Mientras no se detecten variaciones en la señal de salida, el controlador no realiza ninguna acción, pero si la señal de salida se aparta del valor establecido, el controlador recibe la señal de error del comparador y manda una orden al actuador para corregir la desviación.

Sensor: Detectan las variaciones de la señal de salida y a través de la realimentación, envía esta información al comparador. El sensor puede ser elegido

según magnitud física que se quiera controlar (temperatura, presión, luz, caudal, etc.).

6.4. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Un Controlador Automata Programable (PLC), es un control computarizado el cual posee al igual que las computadoras de uso doméstico, un microprocesador (Vallejo, 2010).

Esta unidad tiene la forma mínima de una computadora y posee una determinada cantidad de memoria del sistema y memoria del usuario, una cantidad variable de puertos y funciones, un programa que administra el hardware y una interface que permite al usuario introducir el programa que permitirá que el PLC haga una tarea específica.

El PLC es el cerebro de un proceso industrial de producción o fabricación, reemplazando a los sistemas de control de relees y temporizadores cableados. Se puede pensar en un PLC como una computadora desarrollada para soportar las severas condiciones a las que puede ser sometida en un ambiente industrial. Está basado en dos elementos: la CPU o Unidad Central de Procesamiento, y la interface de Entradas y Salidas.

6.5. LENGUAJES EMPLEADOS PARA PROGRAMAR UN PLC

Vallejo (2010) menciona que los siguientes tipos de lenguajes de programación son encontrados según el PLC a emplear:

Vallejo (2010) menciona que los siguientes tipos de lenguajes de programación son encontrados según el PLC a emplear:

Diagramas de escalera (LADDER): En la figura No.2, se muestra el diagrama del lenguaje LADDER. Cada símbolo representa una variable lógica cuyo estado puede ser verdadero o falso. Dispone de dos barras verticales que representan a la alimentación eléctrica del diagrama; la barra vertical izquierda corresponde a un conductor con tensión y la barra vertical derecha corresponde a la tierra o masa.

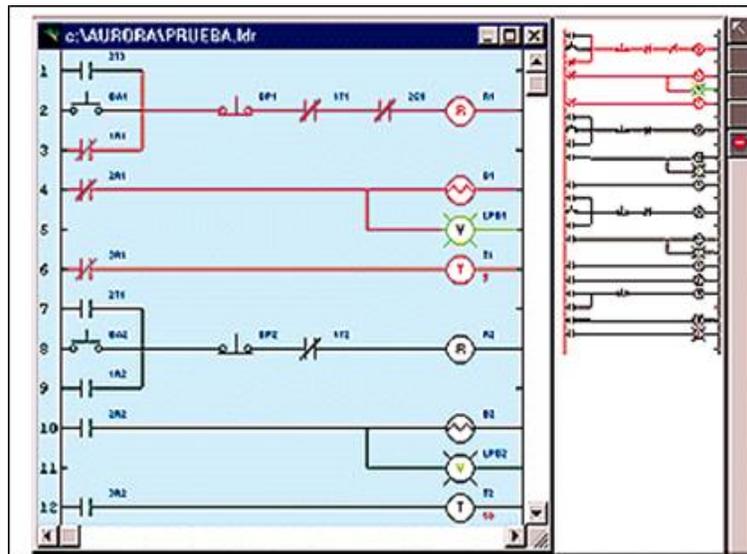


FIGURA 2. DIAGRAMA DE ESCALERA.
Fuente: vallejoD.2010

El PLC lee el programa LADDER de forma secuencial (hace un scan o barrido), siguiendo el orden en que los renglones (escalones de la escalera) fueron escritos, comenzando por el renglón superior y terminando con el inferior.

Lista de mnemónicos: Los mnemónicos son una serie de códigos los cuales representan una acción de control equivalente a los símbolos empleados en el lenguaje de escalera, a como se aprecia en la siguiente figura No. 3.

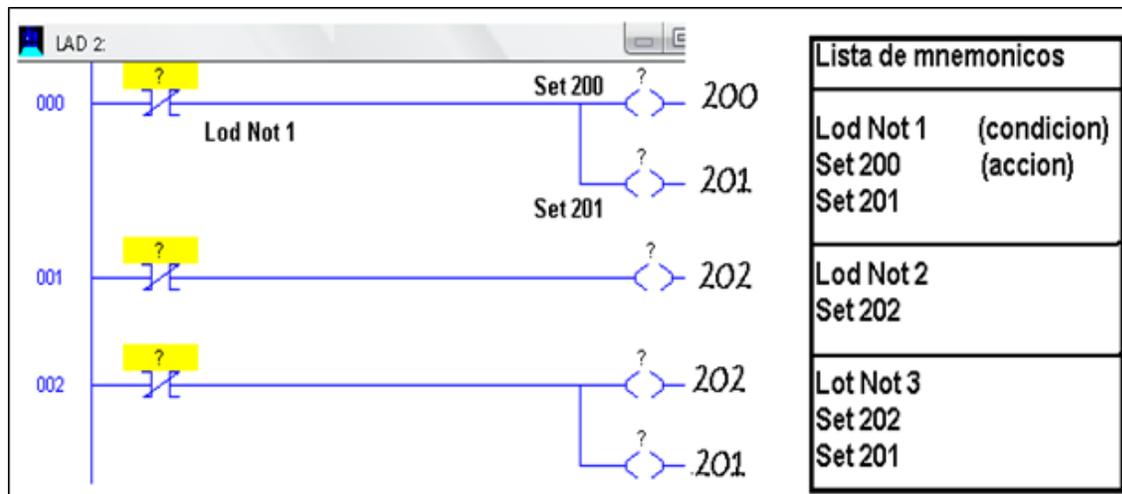


FIGURA 3. CODIFICACIÓN DE LENGUAJE LADDER A MNEMÓNICOS
Fuente: Vallejo D. 2010

Diagrama de Flujo Secuencial o SFC: Es el lenguaje gráfico mejor adaptado para la programación de la automatización. Se asemeja al lenguaje de escalera sin embargo lo supera en la representación de funciones especiales. El SFC posee una amplia lista de funciones especiales que facilitan el diseño y programación del PLC y el sistema de control en general. (Ver la figura No. 4)

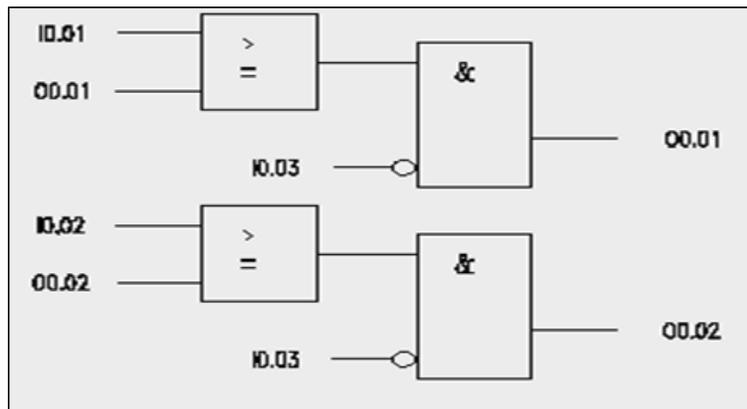


FIGURA 4. DIAGRAMA EN SFC
Fuente: Vallejo D. 2010

6.6. SISTEMA FOTOVOLTAICO

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina.

Este tipo de energía se usa para alimentar innumerables aplicaciones y aparatos autónomos, para abastecer refugios o viviendas aisladas de la red eléctrica y para producir electricidad a gran escala a través de redes de distribución. Debido a la creciente demanda de energías renovables, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha avanzado considerablemente en los últimos años. Entre los años 2001 y 2014 se ha producido un crecimiento exponencial de la producción de energía fotovoltaica.

6.7. COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Módulo Fotovoltaico: Los módulos fotovoltaicos formados en base a la unión eléctrica de las celdas generan el voltaje y corriente requeridos por la carga.

En general, un módulo podrá estar compuesto de uno o más grupos de celdas conectados en serie o paralelo, constando cada grupo de un cierto número de celdas también conectadas entre sí en serie o paralelo.

Los paneles solares fotovoltaicos se componen de celdas que convierten la luz en electricidad. Dichas celdas se aprovechan del efecto fotovoltaico, mediante el cual la energía luminosa produce cargas positivas y negativas en dos semiconductor próximos de distinto tipo, por lo que se produce un campo eléctrico con la capacidad de generar corriente. (Ver la figura No. 5).

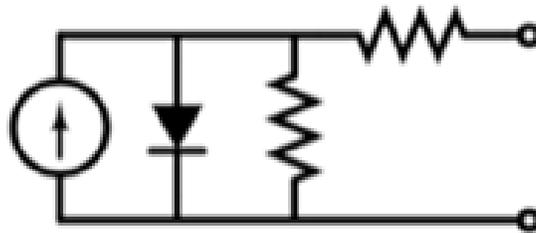


FIGURA 5. Convierte la luz en CD

FUENTE: WWW.GOOGLE.COM.NI

6.8. TIPOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS.

Los paneles fotovoltaicos se dividen en:

Mono cristalino. Las celdas se obtienen al cortar las barras en forma circular u octogonal, donde los 4 lados cortos, si se puede apreciar en la imagen, se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada, estas celdas tienen 0,4 - 0,5 mm de espesor. La eficiencia en conversión de luz solar en electricidad es superior al 12%. Ronda una eficiencia del 15% al 17%. (Ver la figura No. 6).

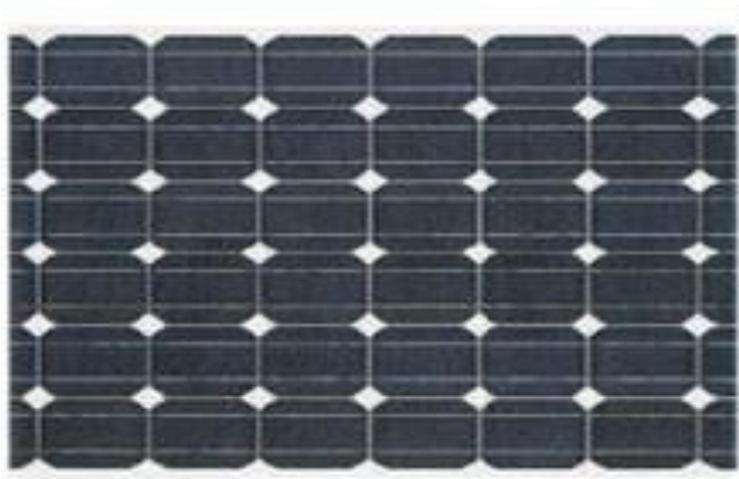


FIGURA 6. PANEL MONO CRISTALINO.

Fuente: www.monografias.com

En este caso el silicio que compone las células de los módulos es un único cristal, la red cristalina es la misma en todo el material y tiene muy pocas imperfecciones. El proceso de cristalización es complicado y costoso, sin embargo, este proporciona la mayor eficiencia.

Poli cristalinas: Están formadas por pequeñas partículas cristalizadas. Este panel es el más estándar del mercado, tiene un rendimiento por metro cuadrado de 120 Wp/m². Su utilización es en zonas donde la incidencia Solar es normal. Tiene un precio algo superior al amorfo. Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad es menor a las de silicio monocristalino, alrededor de un 12%. Ver figura No. 7 muestra el panel.

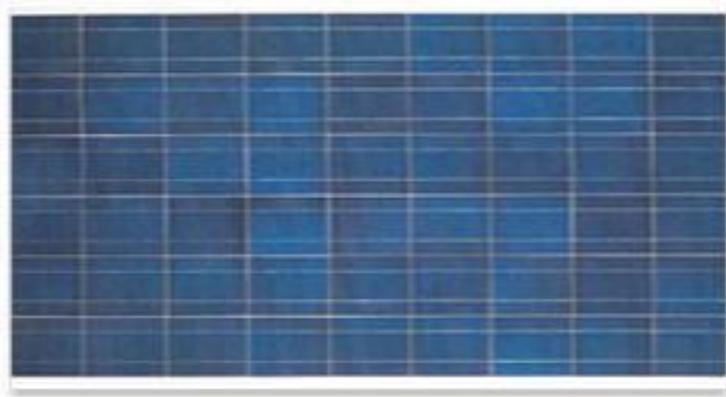


FIGURA 7. PANEL POLI CRISTALINO.

Fuente: www.monografias.com

Amorfos: Este es cuando el silicio no se ha cristalizado. Estas celdas se obtienen mediante la deposición de capas delgadas de silicio sobre superficies de vidrio o metal, su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad. Varía entre un 5 y un 7%. (Ver figura N° 8)



FIGURA 8. PANEL AMORFAS.

Fuente: www.monografia.com

Módulos de película delgada: No están hechos a base de células de silicio convencionales, sino que se basan en CIGS (Cobre Indio Galio Selenio) incrustadas en un soporte flexible y ligero y aptas para colocarlas no sólo sobre los tejados, sino también sobre las fachadas de los edificios, ventanas, teléfonos móviles, ordenadores portátiles y coches. (Ver en la figura No. 9)



FIGURA 9. PANEL PELÍCULAS DELGADAS.

Fuente: www.monografias.com

El costo de los paneles fotovoltaicos se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales y su costo medio de generación eléctrica ya es competitivo con las fuentes de energía convencionales en un creciente número de regiones geográficas, alcanzando la paridad de red.

6.9. PANEL FOTOVOLTAICO

Es el corazón del sistema, si éste falla no podrán funcionar de manera correcta ninguno de los otros componentes, por lo que no se podrá hacer llegar energía al resto de los consumidores (Barrau, 2010). Está compuesto por celdas individuales conectadas en serie. Este tipo de conexión permite adicionar tensiones (voltajes). La tensión nominal del módulo será igual al producto del número de celdas que lo componen por la tensión de cada celda (aprox. 0,5 Volts).

La capacidad de generación de corriente eléctrica de los módulos depende de la radiación solar. La conexión entre paneles puede ser en serie para aumentar el voltaje y paralelo para aumentar la corriente.

6.10. ELEMENTOS QUE COMPONEN UN MÓDULO.

Cubierta exterior de vidrio: Este se emplea para facilitar al máximo la transmisión de la radiación solar. Se caracteriza por su resistencia mecánica, alta transmittividad y bajo contenido en hierro.

Encapsulantes: Son hechos a base de silicona o más frecuentemente EVA (etil – vinil – acetato). Están diseñados para tener un índice de refracción similar al del vidrio protector para no alterar las condiciones de la radiación incidente. Es un medio protector y da estabilidad a las células.

Cubierta posterior: Este es la que da rigidez y una gran protección frente a los agentes atmosféricos. Usualmente se emplean láminas formadas por distintas capas de materiales, de diferentes características.

Marco de aluminio: Es el que asegura suficiente rigidez al conjunto, incorporando los elementos de sujeción a la estructura exterior del panel.

Cables y bornes de conexión: Se sitúan en la parte posterior del módulo, de donde parten los terminales positivo y negativo del mismo. Estas cajas deben ser aptas para la intemperie y disponer de prensaestopas para el cableado de interconexión del módulo.

Diodo de protección: Su función es impedir la descarga de las baterías de almacenamiento que se provoca cuando la luz solar incidente en el panel es insuficiente, ya sea por efectos climatológicos o por sombras no deseadas. (Ver en la figura No. 10)

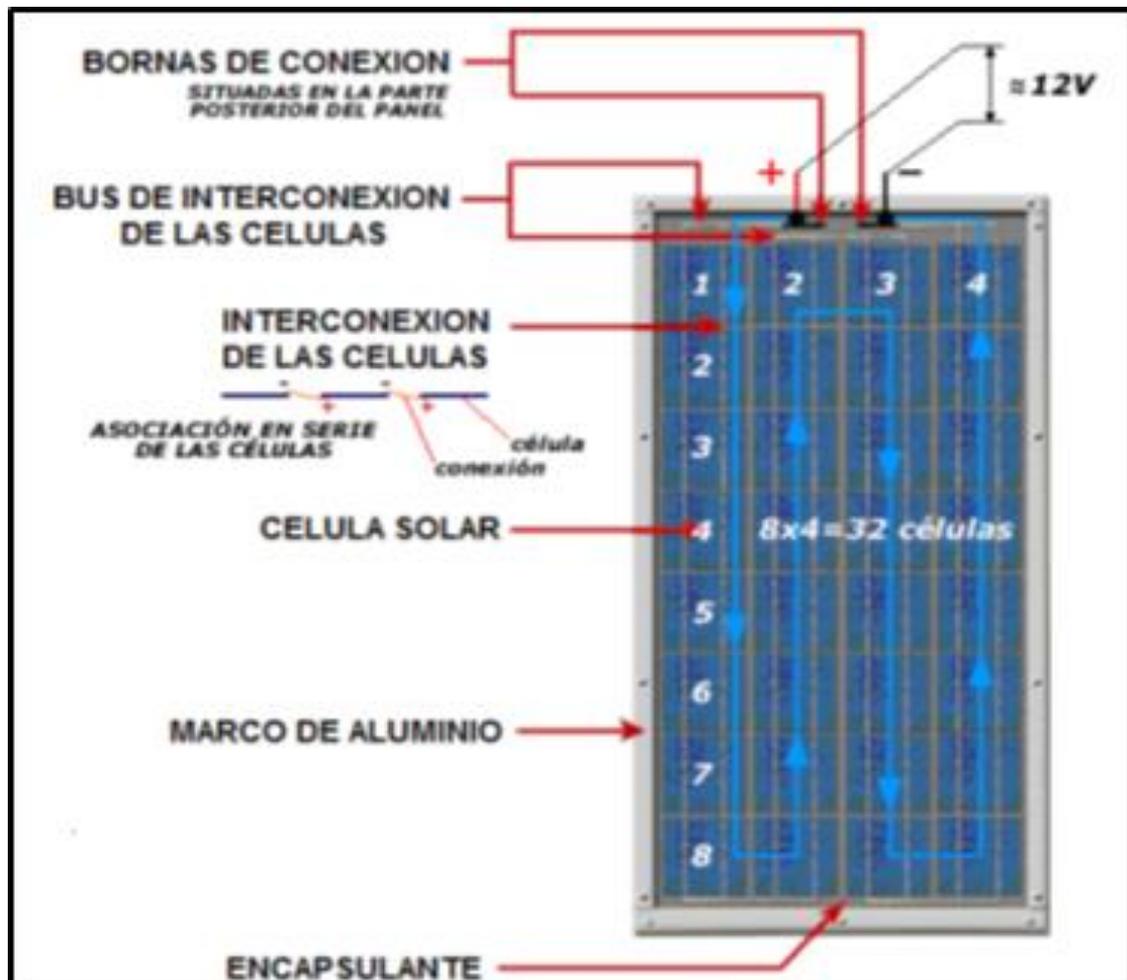


FIGURA 10. ELEMENTOS DE UN PANEL FOTOVOLTAICO (VISTA FRONTAL)

Fuente: Barrau, J. (2010)

VII.DESARROLLO

7.1 DIAGNÓSTICO EN LA FINCA Y REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE RIEGO.

En el proyecto se plantea, una forma alternativa de un sistema de riego, que consiste básicamente el aprovechamiento de energía solar. Con la implementación de este, se pretende reducir el uso de combustible que produce mayor contaminación, además de disminuir los gastos económicos en mano de obra siendo beneficiado directamente los pequeños productores .

El diseño se realizó en la finca **San Antonio** ubicada en el municipio de Altagracia isla de Ometepe a 20 kilómetros del departamento de Rivas en la zona sur de Nicaragua. La finca se localiza a 163 km de la capital (Managua).Rivas está ubicada en las coordenadas 11° 26' N y 85° 50' O y tiene una superficie de 281km². En la figura se muestra el mapa de la isla de Ometepe y señala la ubicación geográfica de la finca. (Ver en la figura No. 11).



FIGURA 11.MAPA GEOGRÁFICO DE LA UBICACIÓN DE LA FINCA SAN ANTONIO.

Fuente: Google

El terreno de la finca posee un área de 15 manzanas con una diferencia de altura de 2.5m con respecto al nivel del mar.

7.1.1 ANÁLISIS DE LA ENTREVISTA

Para realizar un mejor análisis en el estudio de las tierras y el cultivo de la finca san Antonio ubicada en el municipio de Altagracia departamento de Rivas, se realizó la

siguiente entrevista a 2 trabajadores y al dueño de la misma en la cual expresaron sus ventajas y desventajas del sistema de riego utilizado actualmente.

En la entrevista realizada los entrevistados expresan que el tipo de riego utilizado en los cultivos es a base de manguera, lo cual es llevado a base de tubos de 3, 2 pulgadas conectado de uno en uno desde el lago hasta el punto de riego, expulsado por un motor de 6 HP de potencia, en el cual consideran que es un método bastante eficaz, puesto que los cultivos se mantienen muy frescos en temporada secas y pocas lluviosas.

El motor utilizado en el sistema de riego necesita un mantenimiento cada tres meses, esto incluye limpieza a las barneras, revisar como está el bobinado, engrasar; logrando un máximo de 15 a 20 años de vida útil, realizando un consumo de 1 galón /h y 3 galones por día, produciendo cultivos de diferentes especies entre ellos plátano, sandía tomate entre otros.

Los mismos entrevistados expresan que a ellos les gustaría implementar el sistema de riego automatizado ya que a pesar de los costos que se necesita invertir y buscar financiamiento para el mismo, están conscientes que sería una mejor forma de aprovechar los recursos naturales y facilitar el trabajo. Se dañaría menos al medio ambiente porque no se necesitaría combustible para hacerlo funcionar, además se aprovecharía la luz solar para alimentar el sistema de bombeo y el de control, basada en la recepción que tengan los paneles para captar los rayos solares según la capacidad que ofrezcan.

Por otro lado este sistema de riego daría tener producción y ser exportado nacional, hasta internacional siendo el cultivo de plátano el que mayor auge tiene en la isla y fuera de la misma según la temporada, sin dejar otros el cultivo como la sandía, tomate entre otros depende de la temporada.

A continuación se detallan algunos parámetros del siguiente Diagnóstico del sistema de riego de la finca san Antonio.

7.1.2 SISTEMA DE RIEGO ACTUAL EN LA FINCA SAN ANTONIO.

El riego utilizado en la finca san Antonio actualmente, es manual o lo que ellos llaman manguareado, un riego completamente sin modificación a los que se encuentran en los sistemas de riegos actuales, todas las conexiones de la tubería trabajan con la capacidad de la bomba, mientras más grande sean las hectáreas regada (menor será la presión de la bomba); En la figura No.12 se muestran las tuberías utilizada actualmente además de la válvula de pase.



FIGURA 12. TUBERÍA DEL SISTEMA DE RIEGO.

Fuente: Propia

En la figura No. 13 se muestra el proceso de riego que es utilizado actualmente en la finca **San Antonio**, en ella se representa de manera gráfica, la fuente de obtención del agua y como está llega a las diferentes hectáreas de la finca, atreves de la tubería primaria, con una bomba de gasolina y una llave de pase que es la que regula el fluido en la tubería y con una manguera con la que la persona riega los cultivos; puesto que el sistema de riego utilizado es manual, los cultivos enden a ser lastimados, ya que al caer directamente el agua al tallo este, en ocasiones es socavado por efecto de la presión ejercida sobre el mismo.

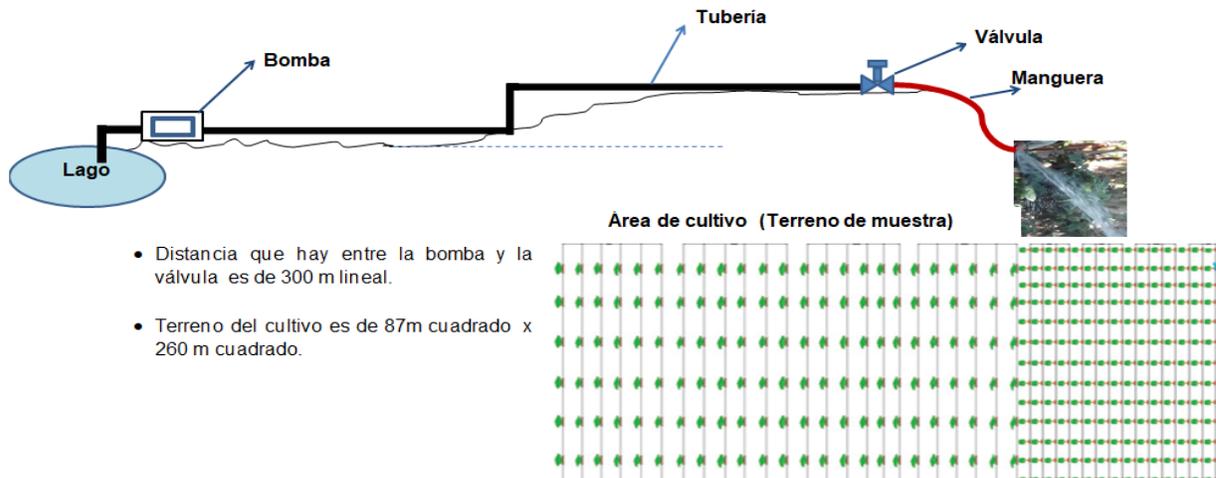


FIGURA 13. ESQUEMA DEL SISTEMA DE RIEGO ACTUAL EN LA FINCA.

Fuente: Propia

7.1.3 CULTIVOS QUE OFRECE LA FINCA SAN ANTONIO.

La finca **San Antonio** consta de un área de 15 manzanas de territorio total, dividida de la siguiente manera: 5 manzanas con cultivo de plátano, 2 manzanas de pasto para ganado, esa parte de territorio es la zona más alta de la finca, por lo que el riego es más difícil; y el resto de terreno que son 8 manzanas son cultivadas en el periodo de invierno frijoles, maíz, trigo sorgo, tomate y sandía, ya que esta parte del terreno ofrece mejores condiciones para los mismos debido a la ubicación con respecto a la fuente de agua y la superficie plana del terreno.

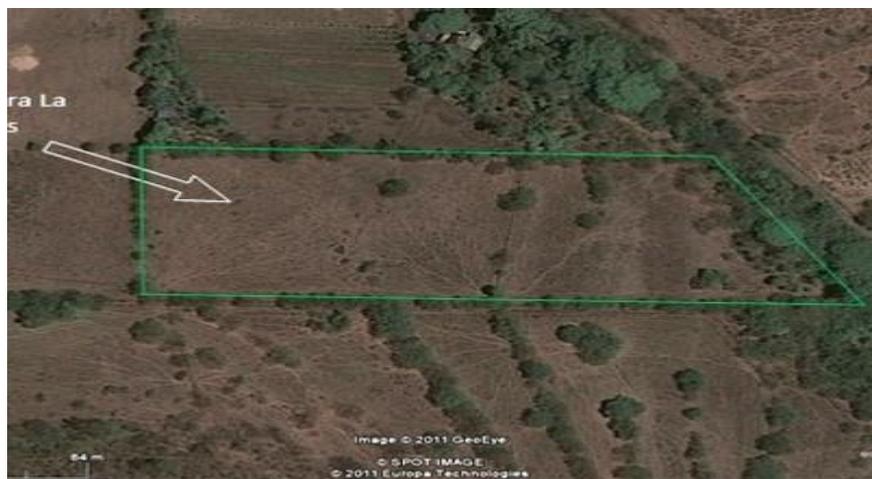


FIGURA 14. Delimitaciones del área del cultivo

Fuente: Google Maps

La figura No. 14 representa la finca **San Antonio**, en ella se observa el área de cultivo desde una perspectiva aérea, la flecha en la figura indica el área de cultivo tomada para el sistema de riego.

La figura No. 15 representan algunos cultivos tales como: frijoles, maíz y plátano, todos ellos cultivados en la finca la mayoría durante el periodo de invierno.



FIGURA 15. CULTIVOS DE FRIJOLES Y MAÍZ

Fuente: Propia

7.1.4 DESCRIPCION DE LA FUENTE DE AGUA DISPONIBLE.

La fuente de agua disponible para el sistema de riego de los cultivos en la finca San Antonio será tomada del lago Cocibolca, ubicado a 87 metros al norte del área tomada para los cultivos, en el verano, por la sequía propia de la temporada hay variaciones en el nivel de profundidad del lago, sin embargo durante el invierno el nivel de profundidad del lago aumenta considerablemente.

Para lograr una estabilidad en el sistema de riego durante las dos temporadas del año, se pretende construir un pequeño pozo a la orilla del lago de aproximadamente cuatro metros, con el objetivo de mantener así un volumen más estable en su caudal y lograr así un riego más eficaz para los cultivos de la finca.

El volumen de agua se considera, será eficiente para abastecer sin ningún

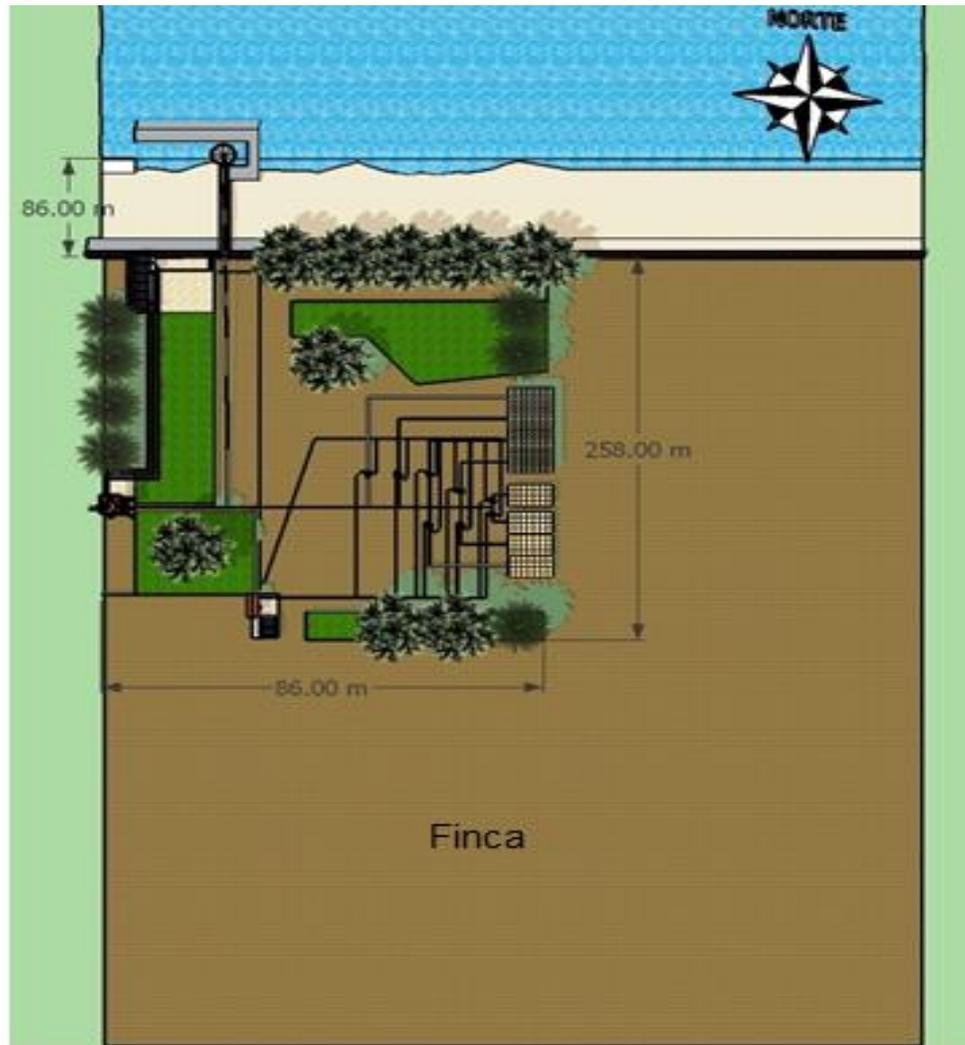
problema las necesidades de los cultivos durante el verano, para el invierno como se señala anteriormente, el nivel del lago aumenta considerablemente con respecto a la temporada de verano, es decir, esto equivale al doble de su caudal que en periodo de verano.

En la figura No.16 se muestra la fuente de agua que se pretende utilizar en el sistema de riego en la finca San Antonio.



FIGURA 16. LAGO COCIBOLCA
Fuente propia

Diagrama del terreno total de la finca san Antonio.



**FIGURA 17. PLANO DE UBICACIÓN DE LA FUENTE DE AGUA RESPECTO DE LOS BORDES DE LA FINCA Y DE LA MUESTRA TOMADA.
FUENTE: PROPIA**

Tal como se puede apreciar en la figura No. 17, muestra la fuente de agua está ubicada a lado norte de la finca a 86 metros de distancia de las tres manzanas de cultivo que se ha tomado como muestra para el riego de los cultivos, la ubicación de la fuente de agua definirá el punto donde va a ser ubicado adecuadamente el tanque de almacenamiento, a continuación se muestran las siguientes consideraciones a tomar para la ubicación:

- La fuerza dinámica total no sea tan elevada de forma que la potencia

fotovoltaica que requiere la bomba para superar dicha carga, no sea alta.

- El flujo de agua que va llegar a los cultivos que sea por efecto de la fuerza de gravedad sobre las tuberías de distribución, del sistema de riego con la fuerza necesaria para irrigar.

7.1.5 CONDICIONES CLIMÁTICAS EN EL DEPARTAMENTO DE RIVAS.

Estudios realizados durante los últimos tres años por el instituto nicaragüense de estudios territoriales INETER, destacan los siguientes datos en cuanto a las condiciones climáticas en el departamento De Rivas.

Estación: Rivas/Rivas **código:** 69070
Departamento: Rivas **longitud:** 85°53'
Latitud: 11°30'
Años: 2015-2017

Parámetro: brillo solar **municipio:** Altagracia

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	agosto	Septiembre	Octubr e	noviem bre	Diciem bre
2015	256.6	250.6	271.5	255.9	237.4	182.8	156.6	200.6	172.9	223.9	233.1	262.8
2016	274.2	252	281.2	254.5	225.5	156.4	148.6	193.3	194.5	174.1	163.9	172.7
2017	247.3	260.9	278	273.4	170.3	136.6	137.2	180.5	152.3	131.6	205.4	203.3

TABLA 1.PARÁMETRO DEL BRILLO.

Fuente: Ineter

Parámetro: Temperatura promedio

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	septiembre	octubre	noviembre	Diciembre
2015	30.7	31.3	32.3	33.4	33.5	32.3	31.4	32.7	32.3	32.0	31.4	31.0
2016	31.2	32.0	33.2	34.6	32.7	31.0	30.6	31.6	31.3	30.4	30.2	29.9
2017	30.0	31.6	32.1	33.6	31.8	31.2	30.4	31.2	31.4	30.2	30.4	30.0

**Parámetro: viento máximo
medio (m/s)**

**TABLA 2.PARÁMETRO DE LA TEMPERATURA.
FUENTE: INETER**

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	septiembre	octubre	noviembre	Diciembre
2015	6	6	6	5	6	5	5	5	4	3	4	5
2016	5	6	5	5	4	3	4	3	3	23		4
2017	4	4	5	3	1	2	3	2	1	3	3	5

TABLA 3. PARAMETRO DEL VIENTO.

Fuente: Ineter

Parámetro: humedad relativa media (%)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	agosto	Septiembre	octubre	Noviembre	Diciembre
2015	74	73	70	71	74	82	82	79	81	84	82	81
2016	77	69	69	70	79	86	85	83	85	88	81	83
2017	78	71	70	72	83	85	86	85	86	87	81	79

TABLA 4. PARÁMETRO DE HUMEDAD.

Fuente: ineter

Parámetro: nubosidad media

2015	2	1	1	2	2	4	4	4	4	4	3	2
2016	2	2	2	2	3	5	4	5	4	4	3	4
2017	2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	3	3

TABLA 5. PARÁMETRO NUBOSIDAD.

Fuente: Ineter

Las

tablas No. 1, 2, 3, 4, 5 y 6 representan los informes climatológicos del Departamento de Rivas durante los últimos 3 años, estas contienen información elemental que el productor debe saber para conocer cuáles son los factores requeridos para adquirir la energía que necesita ser absorbida del sol para hacer funcionar el sistema de riego de los cultivos.

Dentro de los datos más importante o relevantes del clima se encuentran los siguientes factores: brillo solar, temperatura promedio anual, viento, humedad, insolación.

El departamento tiene un clima Semi húmedo, sabana tropical, con una estación

seca de 6 meses, comprendido desde diciembre hasta abril, siendo una zona con un clima muy variado, el mes más caluroso del año se considera que es abril con una temperatura promedio arriba de 34°C. Las temperaturas medias más bajas del año se producen en diciembre, cuándo esta alrededor de 25.2°C.

Los datos obtenidos en las tablas anteriores son de suma importancia porque dan conocer uno del requerimiento más importante que es la irradiación solar para así, llevar a cabo las colocaciones de los paneles solares que son de mucha importancia para este proyecto.

En la tabla No. 6 se muestra el resumen del promedio de cada parámetro en los tres años de estudios que se realizaron, comprendidos entre el 2015 al 2017.

Brillo solar	Temperatura media	Viento máximo	Humedad relativa
1725.8 h/dec.	26.3°C.	1.3 m/s.	80%.

TABLA 6. RESUMEN DE CADA PRAMETRO EN LOS ULTIMOS TRES AÑOS.

FIGURA: INETER

Con los cálculos mostrados en las tablas anteriores se puede notar que la irradiación solar en la zona, es excelente para la energía fotovoltaica que se requiere para la instalación del sistema de riego automatizado utilizando paneles solares.

VIII. DISEÑO COMPLETO DEL SISTEMA DE RIEGO ALIMENTADO CON ENERGÍA FOTOVOLTAICO EN LA FINCA SAN ANTONIO.

El sistema final consta de tres etapas diferentes que son las siguientes: La etapa del sistema de control, la etapa del sistema de bombeo y la etapa de riego.

En la figura No.18 se muestra el circuito general de las tres etapas del sistema de riego.

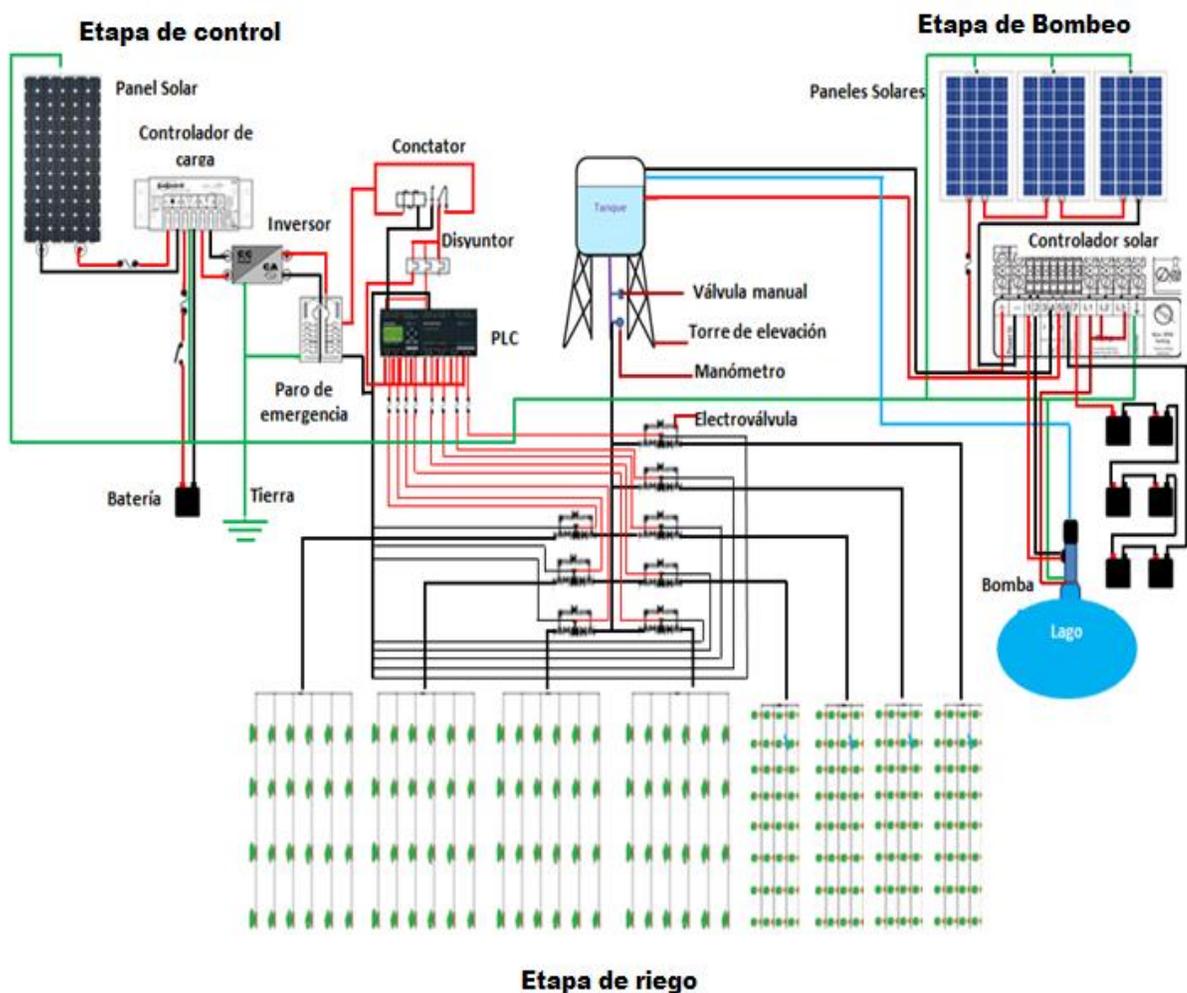


FIGURA 18. DIAGRAMA DEL SISTEMA DE RIEGO, ALIMENTADO CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA DISEÑADO PARA LA FINCA SAN ANTONIO.

Fuente: Propia

8.1 ETAPA DE BOMBEO

A continuación se describe el sistema de bombeo ubicado en la primera etapa del sistema actual que será utilizado en el sistema de riego fotovoltaico en la finca san Antonio.

Etapa # 1:

- Paneles solares, el cual será el que alimente la bomba de riego.
- Un controlador, el cual tienen como función maximizar la potencia suministrada por el arreglo fotovoltaico.
- Una bomba sumergible, la cual será la encargada de expulsar el agua hacia el tanque de almacenamiento.
- Tanque de almacenamiento de agua con una válvula manual y un manómetro, quien se encarga de distribuir el fluido de agua a través de las tuberías que van hacia los cultivos.

Por medio de la luz solar que es recibida por los paneles solares que están conectados en series se genera una corriente continua que alimenta al sistema de bombeo fotovoltaico.

El controlador LORENTZ PS2 600 es el que se encarga en controlar el nivel de potencia, los niveles de velocidad y la presión que posee la bomba. A este dispositivo va conectado un controlador de nivel de agua que está ubicado en el interior del tanque de almacenamiento, la función del interruptor flotante es indicarle al controlador cual es el nivel de agua en el tanque, cuando el tanque está en un lleno máximo el interruptor se cierra provocando al mismo tiempo la apertura del interruptor de entrada del LORENTZ PS2 600 que provoca la apertura del circuito de alimentación de la bomba de modo que la bomba se apague. Una vez que el nivel de agua en el tanque baja 20m³ el interruptor flotante se abre y por consiguiente el interruptor de entrada del LORENTZ PS2 600 vuelve a su estado de normalmente

cerrado que cierra nuevamente el circuito de alimentación de la bomba para que esta se encienda y empiece a bombear.

La bomba es la encargada de bombear el agua desde el pozo, a través de la tubería de descarga, hasta el tanque de almacenamiento. La bomba estará bombeando siempre que el nivel de agua en el tanque sea de 20m^3 o menos y dejara de bombear hasta que el nivel de agua en el tanque sea de 22m^3 . Su función es controlada a través del controlador LORENTZ PS2 600.

8.1.1 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO, ALIMENTADO CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA:

El sistema de alimentación fotovoltaica se ha diseñado en partes distintas que son: sistema de bombeo y sistema de control. La división es para que los sistemas sean independientes y sus componentes utilizados sean se parado y que se obtenga un mejor rendimiento viable.

8.1.2 DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO.

Una vez al conocerse la demanda de agua al regarse a diario, la capacidad de la fuente de agua y las dimensiones del sistema de riego, se procede a realizar los diferentes cálculos para dimensionar el sistema de bombeo.

En la figura No. 19 se representa un esquema básico de cálculo para el diseño de instalación de bombeo solar.

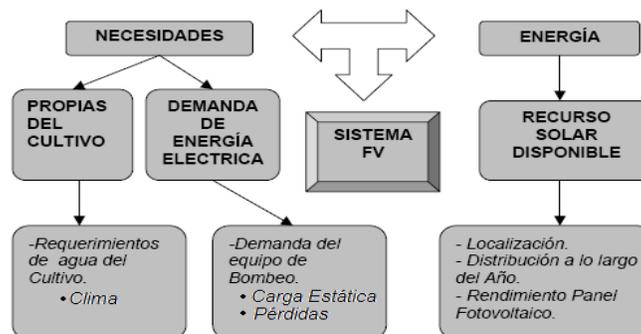


FIGURA 19. ESQUEMA BÁSICO DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES DE BOMBEO SOLAR

Fuente: Valdivia-Chile (2007)

El procedimiento para un diseño de bombeo solar, se base en los aspecto de las diferentes necesidades de demanda energéticas, más las necesidades propias del cultivos, los paneles fotovoltaico son capaces de captar la energía solar teniendo presente todas las condiciones que presenta.

La determinación de los requerimientos de agua, se tiene que tener en consideración aspectos fundamentales para el correcto crecimiento de los cultivos para así no afectar en el desarrollo del mismo.

8.1.3 DETERMINACIÓN DEL RÉGIMEN DE BOMBEO

El dimensionado del sistema de bombeo solar está diseñado para los meses con mayor insolación, de modo que el sistema de bombeo cubra las necesidades de agua en el riego. Se puede decir que noviembre es el mes de meno insolación con 5.8 horas de sol pico. El sistema de bombeo (Q) está definido por la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{\text{Volumen diario en m}^3}{\text{Insolacion minima (seg)}} \quad \text{Ec. 8.11}$$

El volumen de agua requerido diario es de 14m³, y el mes con menos insolación corresponde a noviembre con 5.8 horas (20,880 segundos). Con toda seguridad a lo largo del año se van a presentar días con una insolación menor a 5.8 horas, si se diseña el caudal de bombeo para un régimen diario de 14m³ en 5.8 horas, en los días con menor insolación no se alcanzarían los 14m³ requeridos, por tal motivo el diseño propuesto lo dimensionamos para un requerimiento de agua de 15m³ con el objetivo de recuperar, en los días con insolación normal, la cantidad de agua que faltó en los días pocos soleados, de esta forma el régimen de bombeo es:

$$Q = \frac{15 \text{ m}^3}{20,880 \text{ seg}} = 0.0007 \text{ m}^3/\text{seg}$$

8.1.4 DETERMINACIÓN DE LA CARGA DINÁMICA TOTAL Y LA CARGA HIDRÁULICA, PARA DETERMINAR EL CONTROL

La determinación de las medidas de la fuente de agua y los componentes, como tubería, tanque y torre del sistema serán utilizado para determinar la carga dinámica total que consiste en la elevación a las cuales el fluido se tiene que desplazar por medio de la energía que la bomba reciba.

La carga dinámica total está definida por la siguiente ecuación:

$$CDT = CE + CD \quad \text{Ec. 8.12.}$$

Dónde:

CDT: Carga dinámica total (m).

CE: Carga estática (m).

CD: Carga dinámica (m)= fricción

En la figura siguiente muestra los componentes y las medidas de cada uno, el cual será de mucha importancia para los cálculos del CDT.

La carga estática del sistema se define como:

$$CE = \text{Abatimiento} + \text{Nivel Estático} + \text{Altura de descarga} \quad \text{Ec. 8.13.}$$

Sustituyendo los valores correspondiente se obtiene.

$$CE = 2 \text{ m} + 3 \text{ m} + 15 \text{ m} = 20 \text{ m}$$

8.1.5 MEDIDAS DE LOS COMPONENTES HIDRÁULICOS PARA CALCULAR CDT.

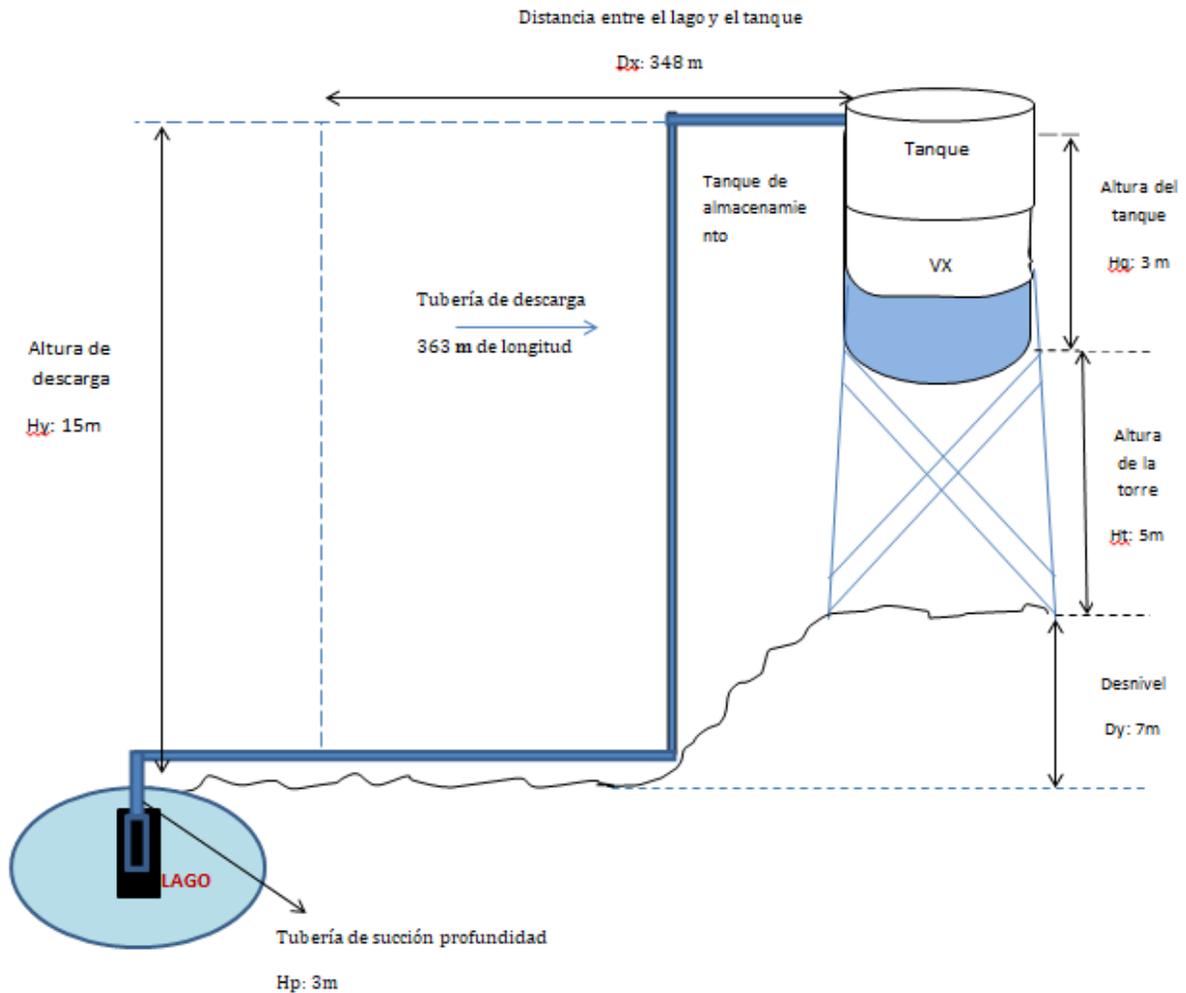


FIGURA 20. MEDIDAS DE LOS COMPONENTES HIDRÁULICOS PARA CALCULAR LA CDT

Fuente: propia

Para calcular la carga dinámica, es importante conocer las distancias que tiene que recorrer el agua desde el momento que la bomba absorbe hasta el punto de descarga.

El método que se utiliza para determinar la carga dinámica es el de Manning. La fórmula matemática se expresa en la siguiente ecuación.

$$H_f = k \times L \times Q^2 = CD \quad \text{Ec. 8.14.}$$

Dónde:

Hf es el incremento en la presión causada por la fricción y expresa en distancia lineal (m).

K: Es una constante empírica con unidades de $(\text{m}^3/\text{s})^{-2}$.

L: Es la distancia total recorrida por el agua, su unidad es en metro (m).

Q: Es el régimen de bombeo expresado en metro cubico por segundo (m^3/s) .

En el diseño que se ha propuesto las tuberías que se utilizaran son 3 pulgadas de diámetro, por lo cual el valor constante k es $31,282 (\text{m}^3/\text{s})^{-2}$. La longitud de la tubería es igual a la suma de la longitud de succionar que es de (4 m) más la longitud de la tubería de descarga que es de (365m) en este caso el recorrido total es de (369 m), el régimen de la bomba es de $0.0007 \text{ m}^3/\text{s}$. sustituyendo estos valores en la ecuación 8.14 se obtiene:

$$HF = 31,282 \times 369 \times (0.0007)^2 = 5.6 \text{ m}$$

No se tomara en cuenta las pérdidas que se localizan ya que son mínimas.

Ya encontrado la carga estática dinámica, se procederá a sustituir en la ecuación 8.12.

$$CDT = CE + CD \quad 8.12 \text{ ec}$$

$$CDT = 20 + 5.6 = 25.6 \text{ M.}$$

Ya conocido la carga dinámica total se determine la carga hidráulica (ch) del sistema que es igual al producto de la carga dinámica (cdt) el volumen de agua requerido a diario ($\text{VOL}_{\text{diario}}$).

$$CH = CDT \cdot \text{Vol}_{\text{Diario}} \quad \text{Ec. 8.15.}$$

$$CH = 25.6 \cdot 25 = 640 \text{ m}^4/\text{dia}$$

8.1.6 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO

Una vez conocida la carga hidráulica (ciclo hidráulico) del sistema, se procederá al cálculo de la potencia necesaria del campo fotovoltaico para satisfacer las necesidades de energía al sistema de bombeo.

Se procederá al cálculo de la energía hidráulica necesaria que debe proporcionar el motor-bomba para elevar el caudal requerido hasta la altura deseada. La energía requerida está en función de la carga hidráulica:

$$\text{Energía Hidraulica} = \frac{\rho \cdot g \cdot CH}{3600} \quad \text{Ec. 8.16.}$$

Dónde:

ρ = Densidad del agua igual a 1000 kg/m³

g = Fuerza de gravedad igual a 9.8 m / s²

CH = Carga hidráulica en m⁴/día

$$\text{Energía Hidraulica} = \frac{1000 \text{ Kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 640 \text{ m}^4}{3600} = 1742 \text{ Wh/día}$$

La energía eléctrica que será necesario proporcionar a la bomba será dicha energía hidráulica más las pérdidas producidas en la propia motobomba. Por tanto, deberá considerarse el rendimiento de las bombas sumergibles que es del 35% de eficiencia.

Tomando en consideración la eficiencia de la bomba, la energía del arreglo queda determinada por la siguiente expresión:

$$\text{Energía del arreglo} = \frac{\text{Energía Hidráulica}}{\text{Eficiencia de la bomba}} \quad \text{Ec. 8.17.}$$

$$\text{Energía del arreglo} = \frac{1742 \text{ Wh/día}}{0.35} = 4977 \text{ Wh/día}$$

Esta energía calculada debe ser corregida tomando en consideración las pérdidas que se producen en los equipos (paneles, controlador y cables) del sistema fv. Considerando que los sistemas de bombeo fotovoltaico tienen una eficiencia promedio del 92%, la energía del arreglo queda ajustada de la siguiente forma:

$$\text{Energía del arreglo ajustada} = \frac{\text{Energía del arreglo}}{\text{Eficiencia del sistema FV}} \quad \text{Ec. 8.18.}$$

$$\text{Energía del arreglo ajustada} = \frac{4977 \text{ Wh/día}}{0.92} = 5409 \text{ Wh/día}$$

Para completar el dimensionado se calcula la potencia pico del generador (P_{gen}) dividiendo la energía ajustada entre la insolación mínima (horas del mes con menos insolación). En el departamento de Rivas el mes con menor insolación es diciembre con 5.8 horas, por tanto la potencia pico del generador será:

$$P_{gen} = \frac{\text{Energía del arreglo ajustado}}{\text{Insolacion minima}} \quad \text{Ec. 8.19.}$$

$$P_{gen} = \frac{5409 \text{ Wh/día}}{5.8 \text{ h}} = 932 \text{ W}$$

El número de paneles necesarios para suministrar dicha potencia será igual a la potencia pico del arreglo dividida entre la potencia pico de los módulos a utilizar:

$$\text{Número de módulos} = \frac{P_{gen}}{\text{Potencia por módulo}} \quad \text{Ec. 8.20.}$$

En este caso se asume que se usaran módulos de 325 W

$$\text{Número de módulos} = \frac{932W}{325 W} = 3$$

Número de módulos = 3

8.1.7 DIAGRAMA DEL SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO DEL SISTEMA DE RIEGO.

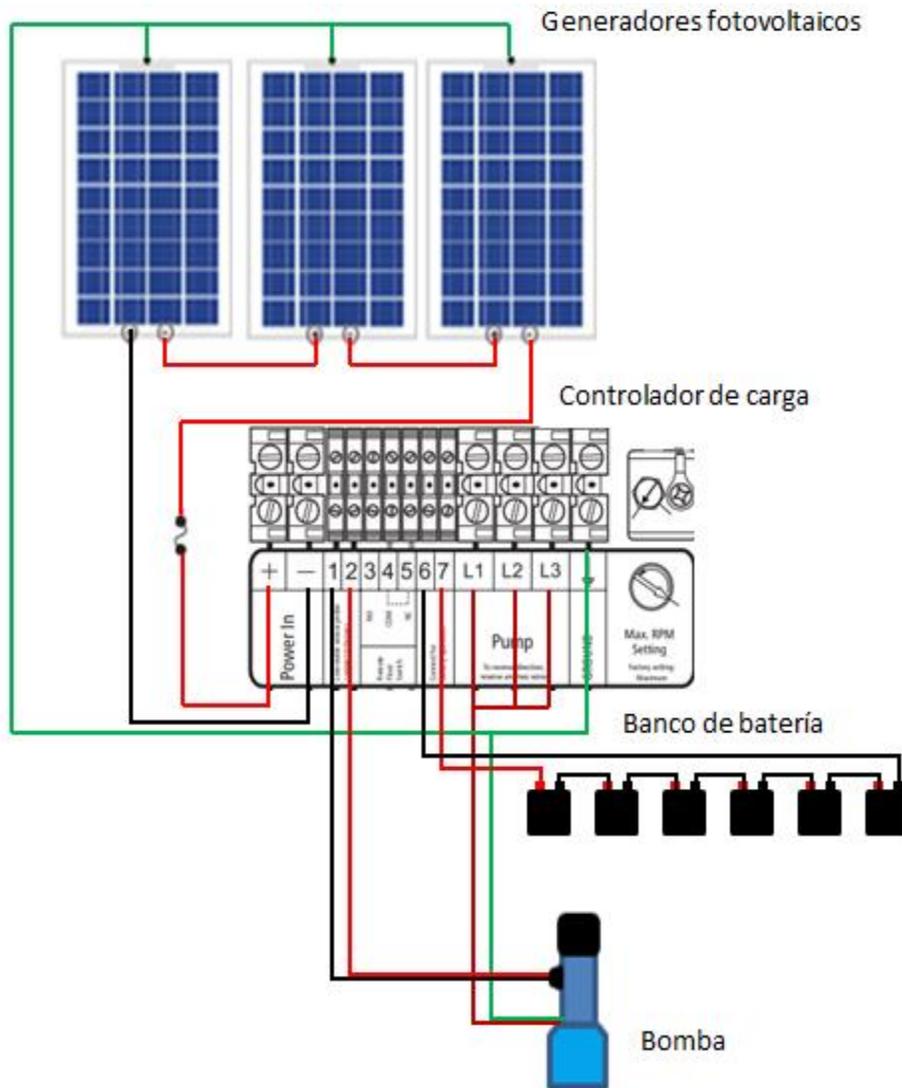


FIGURA 21. CIRCUITO ELECTRÓNICO DEL CAMPO DE BOMBEO FOTOVOLTAICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO AUTOMÁTICO DISEÑADO.

Fuente: Propia

8.1.8 CAPTACIÓN Y CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR: Los componentes correspondientes en esta etapa son los módulos solares, encargados en captar y transformar la energía solar en energía eléctrica para alimentar la bomba a lo largo del periodo de la insolación, el controlador se encarga de optimizar la potencia de energía que alimenta la bomba.

Bombeo: Es la etapa que le corresponde a la bomba es la se encarga de trasladar el agua de la fuente de agua al tanque de almacenamiento, el volumen de agua almacenado a diario es de 22 m³. la cantidad de agua que se utilizara en el riego es de 15 m³ a diario.

8.1.9 CONTROL DEL AGUA ALMACENADO EN EL TANQUE: El controlador de nivel tiene la función de controlar el agua del riego en el tanque apagando y encendiendo la bomba a lo largo de las horas del sol, ya teniendo la función de dejar lleno el tanque con 22 m³ para el riego en los cultivos.

8.1.10 PANEL FOTOVOLTAICO

El tipo de panel que sea seleccionado para el diseño el sistema es el PERLIGHT poli cristalino. En seguida se muestra en la figura No. 22 el módulo seleccionado:

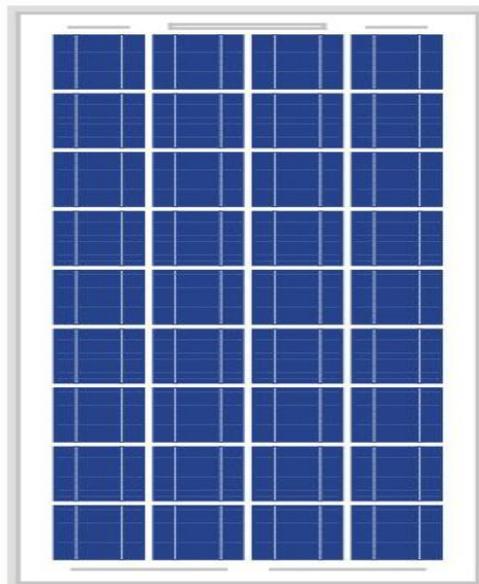


FIGURA 22. Panel fotovoltaico policristalino
Fuente: Suní Solar

Características eléctricas	
Irradiación	1000W/m ²
Temperatura	25° C
Potencia de pico de salida (Pm)	280 W
Voltaje máximo (Vmp)	31.2 Vcc
Corriente máxima (Imp)	8.98 A
Voltaje a circuito abierto (Voc)	37.3 Vcc
Corriente de corto circuito (Isc)	9.7 A
Coefficientes de temperatura	
NOCT:	47°C±2°C
Coefficiente de temperatura Isc	+ 0.053% /°C
Coefficiente de temperatura Voc	-0.31%/°C
Coefficiente de temperatura Pmax	-0.45%/°C
Poder de tolerancia	± 5%
Características mecánicas	
Tamaño de las celdas	156×156mm /6x6 "
Tamaño del módulo	1640×992×40mm/ 64,5 x39 x 1.57"
Numero de celdas	60(6×10) poli cristalinas
Peso	18kg 39.7 libras

TABLA 7. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS Y FÍSICA DEL PANEL SELECCIONADO.

Fuente: Suni-solar

Independientemente de la tecnología de fabricación los módulos solares vienen caracterizados por su curva corriente contra voltaje (I-V), que suele quedar definida por el voltaje a circuito abierto (Voc), por la corriente de cortocircuito (Isc) y por la potencia pico o potencia máxima de salida (Pmax), todas estas magnitudes a Condiciones Estándares de Pruebas (CEP). Las CEP corresponden a una irradiación de 1 KW/m² y a una temperatura de celda de 25°C.

En la figura No. 23, se muestra la curva I-V para un módulo FV típico de 50W a condiciones estándares de prueba. Por lo general, los paneles solares tienen una tensión a circuito abierto entre 21 y 23 V. Cuando se conectan a una carga, su tensión oscila alrededor de los 17 V y es a esta tensión que alcanzan su máxima potencia de operación.

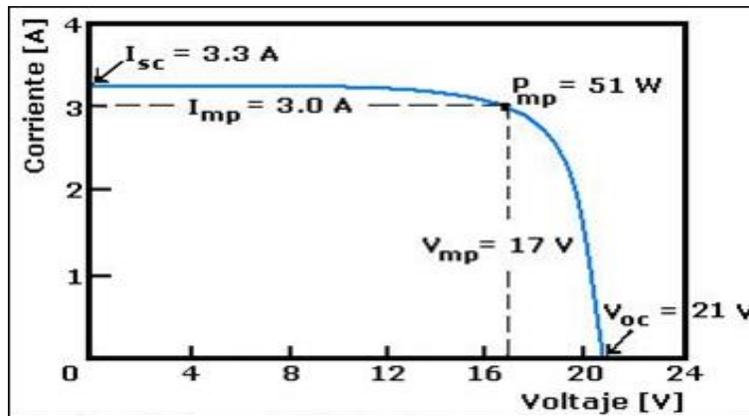


FIGURA 23. CARACTERÍSTICA IV DE UN PANEL SOLAR DE 50 W EN CONDICIONES ESTÁNDARES DE PRUEBA
Fuente: Barrau, Chemisana, Povedano (2010)

La potencia que entrega el módulo se reduce cuando el módulo no opera a un voltaje óptimo tal como se muestra en la curva de potencia contra voltaje (curva PV) que aparece en la figura No. 24. Tanto para módulos de 50W como para módulos de potencias mayores el comportamiento es el mismo.

Curva de potencia de un panel solar de 50 W en condiciones estándares de prueba.

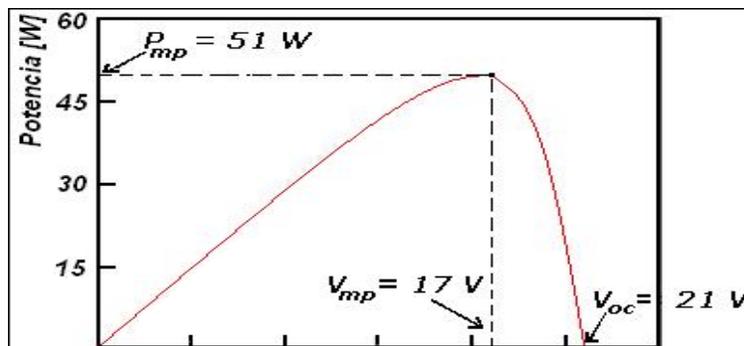


FIGURA 24. CURVA DE POTENCIA DE UN PANEL SOLAR DE 50 W EN CONDICIONES ESTÁNDARES DE PRUEBA.

Fuente: Barrau, Chemisana, Povedano (2010).

8.1.11 CONEXIÓN DE LOS PANELES SOLARES

Los paneles solares se pueden combinar en disposición serie para aumentar la tensión de salida o paralelo para aumentar la corriente generada, o en una combinación de ambas para producir la corriente y la tensión requeridas por la aplicación.

En el caso de n módulos iguales **conectados en serie**, con una tensión de módulo V_m y una corriente de módulo I_m se cumple que:

$$I = I_m \quad \text{Ec. 8.23.}$$

$$V = n \cdot V_m \quad \text{Ec. 8.24.}$$

Dónde:

I = Corriente total de la conexión en serie.

V = Voltaje máximo de la conexión en serie.

8.1.12 PANELES CONECTADOS EN SERIE

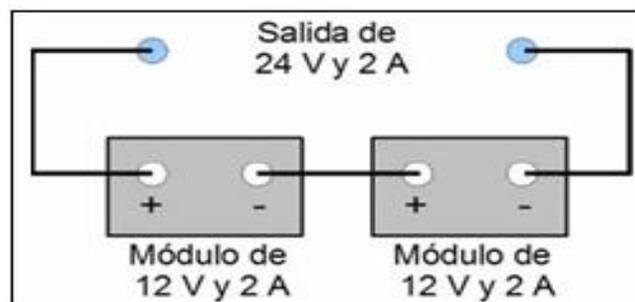


FIGURA 25. Paneles conectados en serie 1
Fuente: Barrau, Chemisana, Povedano (2010)

Conexión en paralelo de n módulos iguales, con una tensión de módulo V_m y una corriente de módulo I_m , cumple con las siguientes expresiones:

$$V = V_m \quad \text{Ec. 8.25.}$$

$$I = n \cdot I_m \quad \text{Ec. 8.26.}$$

Dónde:

I = Corriente total de la conexión en paralelo.

V = Voltaje máximo de la conexión en paralelo.

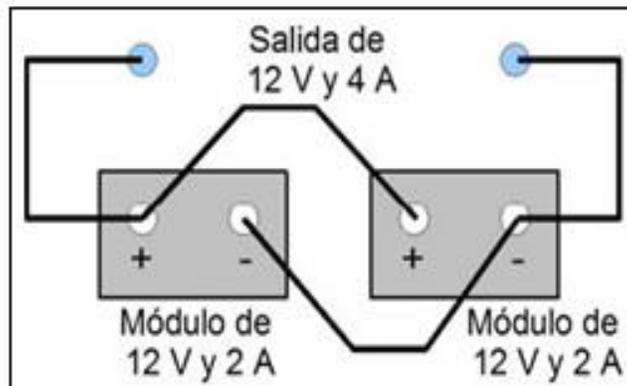


FIGURA 26. PANELES CONECTADOS EN PARALELO
Fuente: Barrau, Chemisana, Povedano (2010)

Para el diseño propuesto se ha elegido una conexión de paneles en serie para ajustar el voltaje del arreglo al voltaje de trabajo del controlador que tiene un rango de 30-100Vcc. Como el voltaje máximo de salida de los módulos es de 37.0V, la salida del arreglo sería de 111V. No es necesario adicionar corriente por que la corriente máxima que demanda el controlador es de 5A y los módulos tienen una salida máxima de 8.78A.

Irradiación solar en el departamento de Rivas (isla de Ometepe).

La posición de los paneles fotovoltaicos está sujeta a dos parámetros fundamentales: la orientación y la inclinación. La orientación correcta de los paneles fotovoltaicos es un asunto diferente para cada latitud del planeta.

Los paneles solares alcanzan su máxima efectividad cuando están orientados al sol formando un ángulo perpendicular con el este al medio día.

En la siguiente tabla No.8, se muestra la radiación solar diaria en el departamento de Rivas (Isla de Ometepe):

Mes del año	Radiación KWh/ m2/d
Enero	5.96
Febrero	6.22
Marzo	6.80
Abril	6.85
Mayo	6.80
Junio	5.00
Julio	4.95
Agosto	4.90
Septiembre	4.80
Octubre	4.00
Noviembre	4.55
Diciembre	5.00
Anual	5.48

TABLA 8: RADIACIÓN SOLAR EN EL DEPARTAMENTO DE RIVAS

Fuente: RETScreen

Rivas es una de los departamentos de Nicaragua con mayores índices de radiación solar diaria, lo cual es muy bueno para instalaciones de sistemas fotovoltaicos. Para poder aprovechar la recepción de la luz solar sobre los paneles, se debe tomar en cuenta este valor para determinar a qué inclinación se deben ajustar.

Para el caso de Rivas tiene una radiación medio mensual incidente de 5.48kWh/m^2 tenemos que su radiación anual incidente es:

$$G_a(0) = WP \times 365 \quad \text{Ec. 8.27.}$$

$$G_a(0) = 5.48 \times 365 = 2,000 \text{ Kwh/m}^2$$

La estimación de la radiación anual que incidente sobre una superficie inclinada es importante puesto que un buen cálculo de este aspecto puede maximizar la captación de la radiación solar $G_a(\beta_{opt})$. La inclinación de la superficie optima β_{opt} que por otro lado para el caso de Nicaragua está orientada al sur se relaciona con la latitud con esta expresión:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69\varphi \quad \text{Ec. 8.28.}$$

Ambos ángulos se expresan en grados. La radiación sobre esta superficie óptima se estima como:

$$G_a(\beta_{opt}) = G_a(0)/[1 - 4.46 \times 10^{-4}\beta_{opt} - 1.1910^{-4}\beta_{opt}^2] \quad \text{Ec. 8.29.}$$

Para Rivas la latitud es $\varphi=11^\circ$ y $G_a(0) = 2,000 \text{ KWh/m}^2$

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 = 11^0$$

Este ángulo de inclinación es igual al ángulo de la latitud del departamento de Rivas. Por lo general se considera que el ángulo de la latitud del lugar donde se pretenda instalar módulos fotovoltaicos, es el ángulo óptimo que maximiza la captación de la radiación solar.

$$G_a(\beta_{opt}) = \frac{2,000}{[0.9941-0.017]} = 2,046\text{KWh}$$

8.1.13 ESTRUCTURA DE SOPORTE DE LOS PANELES

Soporte fijo: El soporte fijo es el de menor costo, pero no permite variar el ángulo de inclinación de los paneles con respecto a la horizontal. Esta restricción no

siempre constituye un problema, ya que el régimen de carga puede, en muchas circunstancias, ser satisfecho con la selección de un ángulo de inclinación fijo.

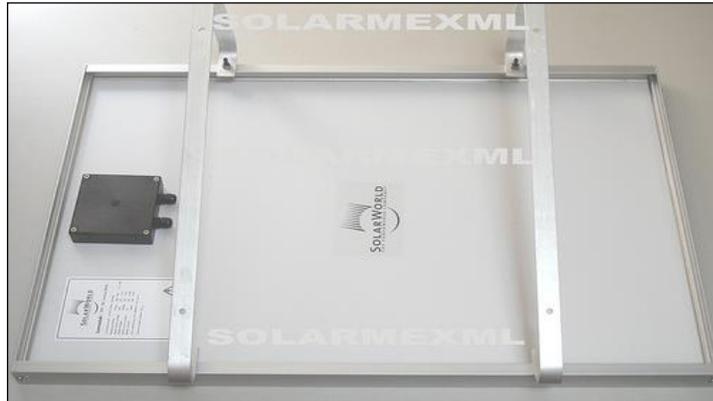


FIGURA 27. SOPORTE FIJO DE PANEL FV

FUENTE: [HTTP://WWW.SOLARMEXML.COM](http://www.solarmexml.com)

SopORTE variable: El diseño de estos soportes hace posible el ajuste manual del ángulo de inclinación. Algunos modelos han sido diseñados para ser anclados directamente al suelo o al techo de una casa, mientras que otros tienen sostenes que permiten su montaje a un poste de sostén.

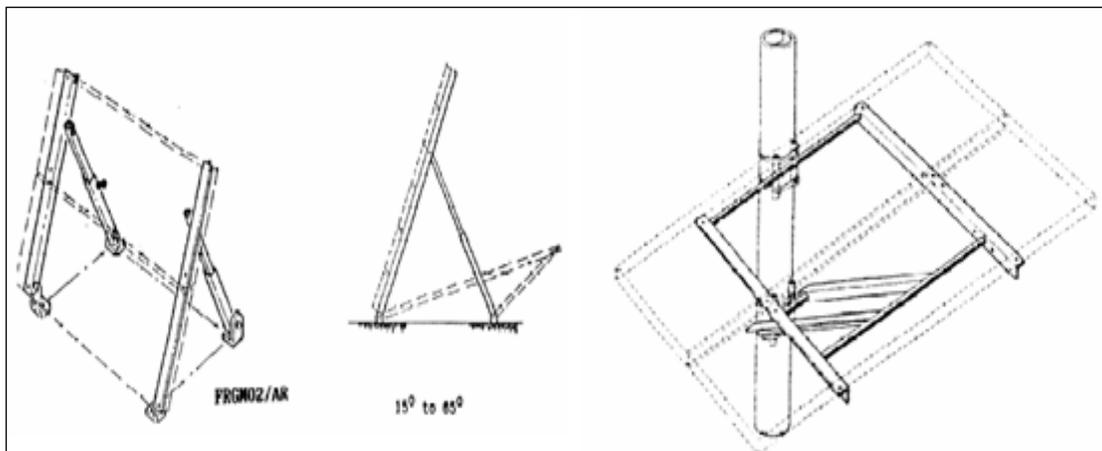


FIGURA 28. SOPORTE AJUSTABLE CON ANCLAJE DE SUPERFICIE Y ANCLAJE A UN POSTE

Fuente: <http://www.solarmexml.com>

Para el diseño propuesto se ha elegido montar los paneles solares sobre una plataforma fija, es decir sin seguimiento solar.

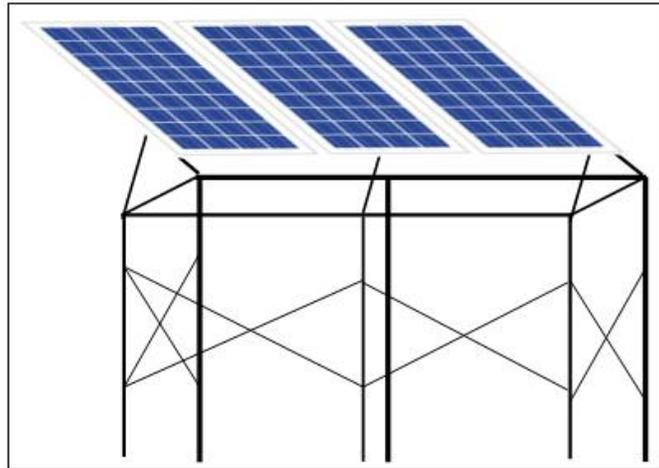


FIGURA 29. Estructura de soporte fija para los paneles PERLIGHT

Fuente: Suni Solar

El diseño de esta estructura de soporte servirá para resguardar el controlador solar, para ello se deberá cubrir la estructura con láminas de zinc liso.

A pesar que una plataforma con seguimiento solar tiende a aumentar el aprovechamiento de la irradiación solar sin embargo se ha decidido la no utilización del seguidor solar por las siguientes razones:

La zona donde se instalarán los paneles solares tiene una irradiación solar alta y constante.

- Se determinó el ángulo óptimo que maximiza la captación de la radiación solar.
- El costo del seguidor solar constituye aproximadamente el 10% del costo total del sistema, lo que aumentaría los costos de inversión. De tal manera de que en el caso de requerir mayor potencia es preferible invertir en la instalación de al menos un panel adicional.
- Requiere de un costo de mantenimiento y tiempo. Si no se le da de mantenimiento el sistema esta propenso a dañarse por falta de engrase.

8.1.14 BOMBA SOLAR O FOTOVOLTAICA

Es una máquina que absorbe la energía a través de un eje que la transmite al fluido como energía cinética la bomba está diseñada para los caudales tanto reducido como elevado, también está capacitada para desarrollar un bombeo multi etapa que incrementa las capacidades de presión donde será utilizado para extraer la cantidad de agua que se necesitara para el riego de los cultivos establecidos. En la figura No. 30 se muestra el modelo de la bomba que se utilizara en el sistema.



FIGURA 30. Bomba solar sumergible
ECDRIVE 600-C.
Fuente: suni-solar

Se puede utilizar la bomba sumergible trifásica debido a sus altas capacidades del bombeo. A continuación se muestran la información técnica de la bomba ofrecida por el fabricante.

Especificaciones eléctricas	
Potencia de trabajo	0.70 KW = 700W
Corriente máxima	13 A
Inmersión	Max 150 m

Velocidad nominal a la potencia nominal	900 a 3300 rpm
Par nominal a la eficiencia nominal	92%
voltaje máximo	64 V

TABLA 9. ESPECIFICACIONES DE LA BOMBA SUMERGIBLE.
FUENTE: (ERA SOLAR, 2015)

A continuación se muestra la intercepción de la curva de operación de las bombas ECDRIVE 600-C.

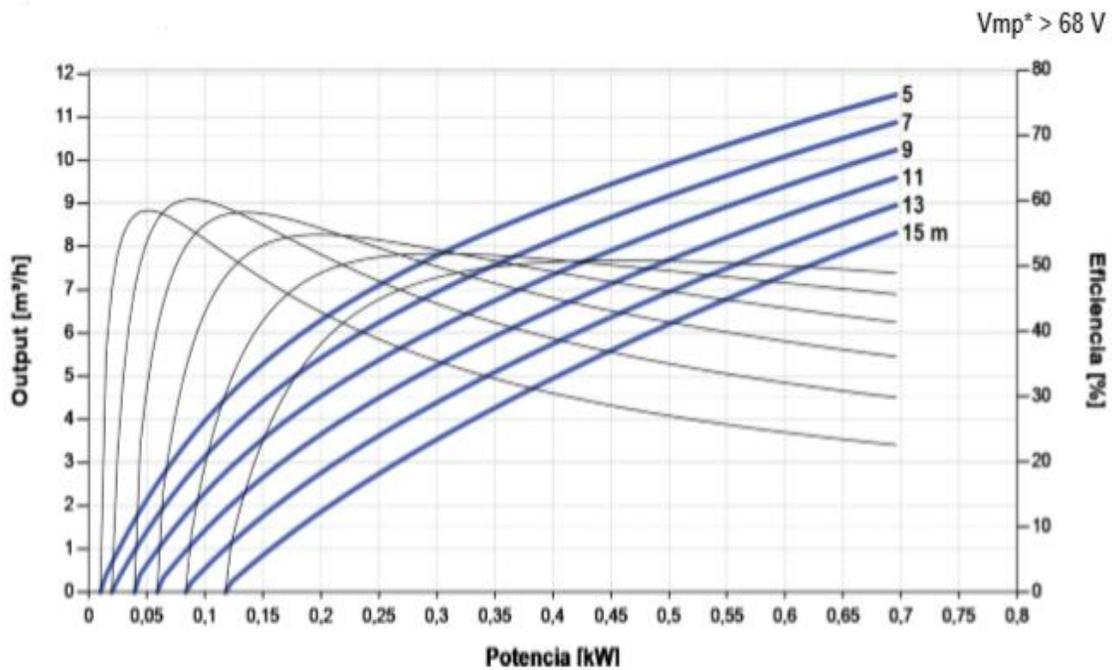


FIGURA 31. Rango de operación de los sistemas ECDRIVE 600-C
FUENTE: SUNI-SOLAR

El punto de intercepción entre la carga dinámica total que es de 15 m y el caudal de agua requerido diario que es de 15m³/día, coincide con el rango de operación de la curva color negra que tiene un requerimiento de 0.7 kW a como lo indica la figura No,31.

8.1.15 OTROS COMPONENTES QUE CONFORMAN LA ETAPA DE BOMBEO.

Controlador

Durante la noche no hay salida de voltaje de los módulos solares. Al amanecer, días nublado y con poco de insolación los paneles no pueden cargar las baterías. Este controlador de carga cumple con una función muy importante, aislar el banco de batería y acumulando bloque para evitar su descarga, cuando la insolación aumenta el voltaje de los paneles superando al banco de las baterías y el proceso de las carga se reanuda cuando el controlador de carga hace la función de evitar una gasificación excesiva de electrolito.

El regulador LORENTZ PS2 600. Ha sido específicamente diseñado para aplicaciones de bombeo solar. Su Punto de Máxima Potencia Tracker (MPPT), incorporado maximiza la potencia suministrada por el arreglo fv en cualquier tiempo.

El PS2 600 también tiene un control de nivel (interruptor flotante) que permite el apagado automático de la bomba una vez que los tanques están llenos.



FIGURA 32. Controlador
LORENTZ PS2 600.
Fuente: suni-solar

En la tabla No.10 se muestra las especificaciones del controlador solar LORENTZ PS2 600.

Entrada de (arreglo solar)	
Rango de potencia	0.70 KW = 700W
Voltaje	150 Vdc
Corriente	13 A

TABLA 10. CARACTERÍSTICAS DL CONTROLADOR SOLAR.

Fuente: Suni-solar

Controlador de nivel de agua

Para controlar el tiempo de funcionamiento y el tiempo inactivo de la bomba según se requiera, el controlador solar dispone de un control de nivel de agua que apaga la bomba cuando el nivel de agua en el tanque es el máximo y enciende la bomba cuando el nivel de agua en el tanque baja del nivel máximo a cierto límite.

El controlador de nivel de agua es lo que comúnmente se conoce como una boya electrónica que se coloca en el tanque de almacenamiento. Para controlar el encendido y el apagado de la bomba, la bolla eléctrica hace dos pruebas de nivel de agua. Para este caso el nivel alto es cuando el tanque tiene un volumen de agua de 22m³ con esta prueba de nivel el controlador manda a desactivar la bomba, y el nivel bajo se estableció que es cuando el volumen de agua en el tanque baja de los 22m³ a 20m³, con esta prueba de nivel el controlador manda a encender la bomba.

En la siguiente figura No. 33 se muestra la prueba de nivel de agua en el tanque.

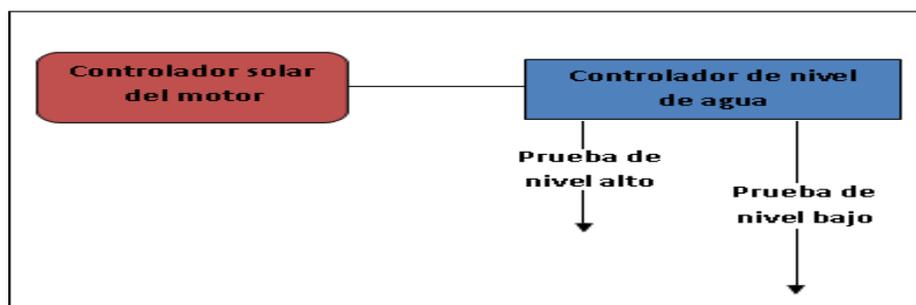


FIGURA 33. Prueba del nivel de agua en el tanque

Fuente: propia

El interruptor flotante que cierra el circuito cuando el nivel de prueba es alto. En estas condiciones la fuente de 15v, proporcionada por el controlador solar, forzar la apertura del relé normalmente cerrado que se encuentra en la entrada del conector de interruptor flotante del controlador solar, cortando de esta forma la alimentación de la bomba.

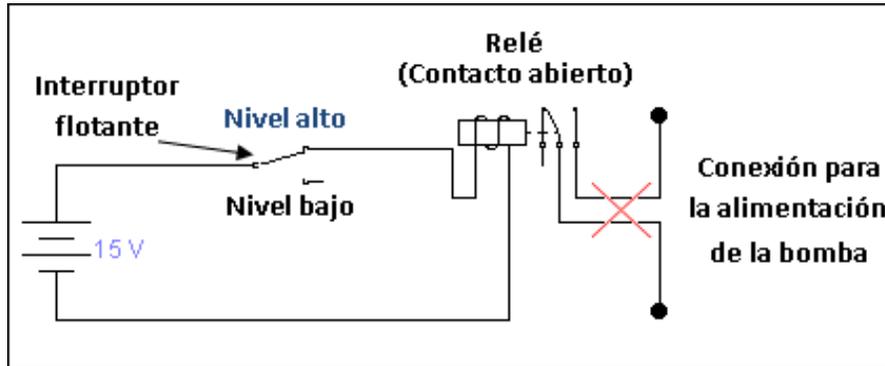


FIGURA 34. DIAGRAMA DEL ELECTRO NIVEL DE PRUEBA ALTO.
FUENTE: (GOOGLE, 2015)

Tanque de almacenamiento

Debido que el sistema diseñado es por bombeo fotovoltaico, el propósito es de mantener reservas para los días poco soleados que se presenten, para el diseño propuesto se eligió un tanque con capacidad para 22m³ de almacenamiento. El tanque propuesto es de la empresa nacional La Casa del Tanque, tiene una altura de 3.4m, un diámetro de 3m, una capacidad de almacenamiento de agua de 22m³ y el material es de plástico. Ver figura No, 35.



FIGURA 35. TANQUE ECOTANK CON CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE 22M3
Fuente: Durman

Torre de elevación

Para el presente estudio se propone que el agua baje del tanque hasta los goteros por efecto de la fuerza de gravedad. Para determinar la altura necesaria que debe de tener la torre, de forma que el agua llegue con suficiente presión al punto más alejado del tanque donde se situara el último gotero, se empleara la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + \sum H_p$$

Dónde:

P₁: Es la presión en el tanque, la cual se desprecia porque la presión que actúa en este punto es la presión hidrostática.

ρ: Peso específico del agua igual a 1000 Kg/m³.

V₁: Corresponde a la velocidad con que baja el nivel de agua en el interior del tanque, como es bastante baja, se desprecia.

g: Es la fuerza de gravedad igual a 9.8 m/s².

Z₁: Es el punto de ubicación del tanque.

P₂: Es la presión donde se ubicara el gotero más retirado del tanque.

V₂: Corresponde a la velocidad con que fluye el agua en el gotero más alejado, como es mínima también se desprecia.

Z₂: Es el punto de ubicación del gotero más alejado del tanque.

H_p: Son las pérdidas de presión en la trayectoria que recorre el agua desde el tanque hasta el gotero más alejado.

De esta forma, la ecuación de Bernoulli se reduce a: $z_1 = \frac{P_2}{\rho} + z_2 + \sum H_p$

La presión en el punto P₂ será igual a:

$$\frac{P_2}{\rho} = (z_1 - z_2) - \sum H_p$$

Banco de Batería

Marca: SUNPOWER Ciclo profundo

- 12 V , 105 Ah

La llega de la energía solar a los módulos fotovoltaicos no se produce de manera uniforme, si no que presenta variaciones por diferentes motivos. Algunas de estas variaciones son predecibles, como la duración de la noche o las estaciones del año, pero existen otras muchas causas que pueden producir alteraciones de manera aleatoria en la energía recibida, como puede ocurrir con un aumento de la nubosidad en un determinado instante.

Este hecho hace necesario utilizar algún sistema de almacenamiento de energía para aquellos momentos en que la radiación recibida sobre el generador fotovoltaico no sea capaz de hacer que la instalación funcione en los valores diseñados. Para esto se utilizaran las baterías o acumuladores.

Las baterías son recargadas desde la electricidad producida por los paneles solares, a través de un regulador de carga, y pueden entregar su energía a la salida de la instalación, donde será consumida.

Tres son las misiones que tienen las baterías en las instalaciones fotovoltaicas:

- Almacenar energía durante un determinado número de día.
- Proporcionar una potencia instantánea elevada.
- Fijar la tensión de trabajo de la instalación.

En base al censo de carga del sistema propuesto se determinara cuantas baterías se necesitan para almacenar energía para dos días de autonomía. Se inicia calculando el consumo total de todo el sistema

$$\text{Energía del arreglo} = \frac{\text{Energía Hidráulica}}{\text{Eficiencia de la bomba}}$$

$$\text{Energía del arreglo} = \frac{1742 \text{ Wh/día}}{0.35} = 4977 \text{ Wh/día}$$

Dónde:

Wh/día = Corriente por hora que se consume en el día.

Energía Total DC = 24 V.

El voltaje del sistema es igual 24V. Se eligió este sistema debido a que son más económicas y eficientes.

Profundidad de descarga de la batería 0.65 %

Capacidad 1 = Energía necesaria X día de autonomia

Capacidad 1 = 4977 (Wh/día)X 2(días)

Capacidad 1 = 9954 Wh

Capacidad 2 = $\frac{\text{Capacidad 1}}{\text{volataje del sistema}}$

Capacidad 2 = $\frac{9954 \text{ Wh}}{24 \text{ V}}$

$$\text{Capacidad 2} = 414.75 \text{ Ah}$$

$$\text{Capacidad 3} = \frac{\text{Capacidad 2}}{\text{Profundidad de la batería}}$$

$$\text{Capacidad 3} = \frac{414.75 \text{ Ah}}{0.65}$$

$$\text{Capacidad 3} = 6.0$$

La cantidad de batería que va utilizar son 6.

En resumen, se usara 6 baterías de 12V, 105 Ah, para almacenar la energía solar. Las baterías que se proponen son **SUNPOWER**, esta línea proporciona un arranque confiable y son de ciclo profundo.



FIGURA 36. BATERÍAS SUNPOWER
FUENTE: TECNOSOL

8.2 ETAPA DE CONTROL

A continuación se describe el sistema de control ubicado en la segunda etapa del sistema actual que será utilizado en el sistema de riego fotovoltaico en la finca San Antonio.

Etapa # 2:

- Panel diseñado para controlar la carga de la energía fotovoltaica.

- Una batería, la cual almacenera la energía.
- Un inversor, el cual es el encargado de convertir la energía DC a AC.
- Paro de emergencia o breaker.
- Un contactor y un inyector los cuales son los que protegen al PLC de cualquier tipo de descarga eléctrica.
- El PLC quien es la fuente principal del sistema de control ya que se encarga de programar los horarios estipulados para el cierre y abertura de las válvulas.
- Las electroválvulas, las cuales se encargan de ceder el paso del agua para que esta fluya hasta los portagoteros ubicados en los cultivos.

Este sistema conformado principalmente de un PLC, el módulo de expansión, 8 electroválvulas, un interruptor de paro, el contactor y un relé.

PLC (controlador lógico programable): Es el cerebro de la operación o del sistema automático es el encargado en la programación, activar y desactivar lo componentes (electroválvulas) en la hora y día que ha sido establecido o programado. El PLC posee un reloj, que le permite iniciar el riego cuando el recibe la orden y activa las electroválvulas las cuales abren para ceder el paso del agua hacia los portagoteros y así iniciar el riego en los cultivos.

Cuando se llega la hora determinada de riego en el sector el PLC corta o cierra la electroválvula e inicia o activa otra electroválvula en diferente hora o día ya que es capaz de accionar cada electroválvula que están conectados al módulo de expansión.

El módulo de expansión del PLC permite la conexión de una o más electroválvulas. Teniendo la capacidad el circuito de controlar hasta 8 electroválvulas simultáneamente. Que son conecta al PLC, a la tensión eléctrica siguiendo las órdenes programadas por el controlador.

Las electroválvulas son los elementos que se encargan de dar paso o impedir el flujo de agua en las tuberías secundarias hacia las tuberías terciarias y portagoteros que se localizan en las manzanas a regarse. Su funcionamiento es estándar para cualquier marca: se energiza una bobina en su interior y esta cierra o abre el compartimiento donde pasará el agua.

El interruptor o (breaker), permite apagar manualmente el circuito cuando se presente una emergencia o realizar una revisión técnica o un mantenimiento preventivo. El interruptor no influye sobre la programación del PLC, únicamente desconecta la energía eléctrica del circuito.

El contactor desconecta el suministro de energía eléctrica que alimenta al circuito cuando se detecta una sobrecarga de corriente eléctrica. Cuando la corriente que pasa por su bobina interna es mayor que la corriente de desconexión del aparato, este deberá interrumpir el paso de la corriente. La energía se restablece al presionar un botón colocado en su parte frontal.

El releo térmico su función es detectar cambios de temperatura provocadas por la corriente que pasa en su bobina. Debido al fenómeno físico del calentamiento por efecto Joule, la corriente genera cierto calor al pasar por un conductor. Este dispositivo es necesario como el contactor muchas veces pasa por alto los picos de sobre descarga de corriente eléctrica, mientras que el releo térmico es más sensible y actúa con mayor rapidez.

El sistema de control automático esta alimentado por un sistema fotovoltaico totalmente aislado al sistema de bombeo.

El panel solar de 100 W convierte la energía incidente de luz solar en energía eléctrica para ser almacenada en la batería, al igual que en la etapa de bombeo, se genera un voltaje y corriente eléctrica continua, donde la tensión se mantiene siempre en 12Vcc, que es la tensión nominal de la batería.

El controlador su función es distribuir la tensión y corriente hacia el inversor en caso que la batería este cargada a un cien por ciento de capacidad.

La batería tiene la capacidad necesaria en alimentar el circuito de control, en caso que haiga un imprevisto por la naturaleza que los paneles solares no reciban luz solar, la reserva de la batería abastecería al circuito durante tres días.

El inversor recibe la tensión y la corriente continua que es enviada por el regulador de carga y es transformada a corriente alterna. Ya que entra en 12 Vcc y es convertida a 120Vca

Ya una vez que la energía está convertida en energía eléctrica alterna es enviada a la caja de breakers, para ser repartida ordenadamente hacia el circuito de control automático.

8.2.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Un Controlador Automata Programable (PLC), es un control computarizado el cual posee al igual que las computadoras de uso doméstico, un microprocesador (Vallejo, 2010).

Esta unidad tiene la forma mínima de una computadora y posee una determinada cantidad de memoria del sistema y memoria del usuario, una cantidad variable de puertos y funciones, un programa que administra el hardware y una interface que permite al usuario introducir el programa que permitirá que el PLC haga una tarea específica.

El PLC es el cerebro de un proceso industrial de producción o fabricación, reemplazando a los sistemas de control de relees y temporizadores cableados. Se puede decir que un PLC es como una computadora desarrollada para soportar las severas condiciones a las que puede ser sometida en un ambiente industrial. Está basado en dos elementos: la CPU o Unidad Central de Procesamiento, y la interface de Entradas y Salidas.

Como se ha venido mencionando, para realizar la elaboración de un sistema de riego por goteo programable es necesario utilizar la electrónica, por tanto el proyecto está diseñado con un PLC que es el cerebro de todo el sistema de riego.

8.2.2 DIAGRAMA ELÉCTRICO

La figura No.37 .Muestra la conexión entre los componentes de la parte electrónica del sistema de riego automático. Las características eléctricas del circuito son las siguientes:

- Potencia de trabajo: 25W
- Voltaje de trabajo: 110Vca
- Corriente de entrada al contactor: 0.375A.
- Corriente de entrada a cada electroválvula: 41.6mA.

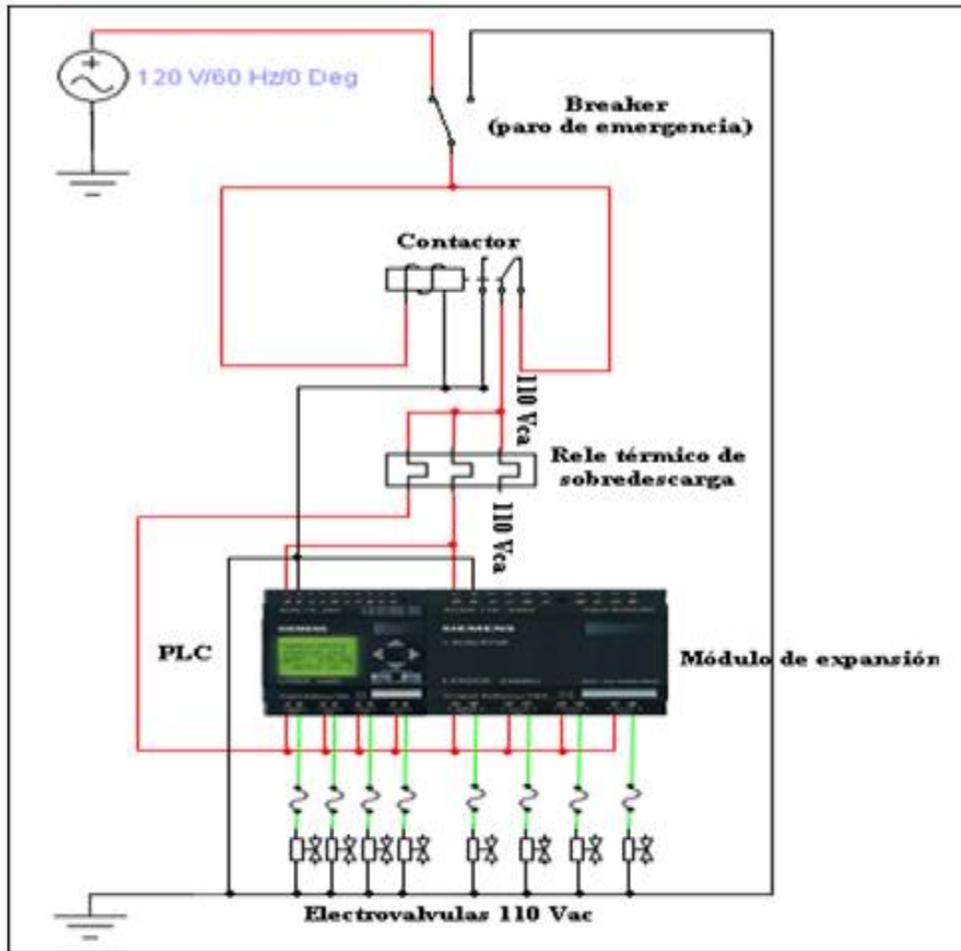


FIGURA 37. DIGRAMA ELECTRONICO DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO CON CONEXIÓN DIRECTA PLC ELECTROVALVULA
FUENTE: RAMIRO, SILVIO (2010)

8.2.3 COMPONENTES DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO CONTROLADOR DEL SISTEMA DE RIEGO.

Dispositivos	Características
Paro de emergencia	Interruptor
Contactador	Tesystes 7.5kw 18 ^a
Disyuntor	Telemecanique 13-18 A GV2ME
PLC	Logo! 230RC.110-240Vac ,4entradas 4 salidas(relés)

Electroválvula	110 Vac/5W
Módulo de expansión	DM8230R DI4/DO4, 110Vac, 4 entradas, 4 salidas(relés)
Fusible	500 Ma

TABLA 11: COMPONENTES DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO CONTROLADOR DEL SISTEMA DE RIEGO
FUENTE: PROPIA

8.2.4 CONEXIONES DEL PLC CON LA ELECTROVÁLVULA

Las conexiones entre el control y las electroválvulas están en dependencia de los datos electrónicos de ambos dispositivos, pueden ser directas o utilizar intermedios entre uno y el otro.

- ✓ **Conexión directa:** Es cuando el controlador y la electroválvula tienen una conexión directa entre ambos, sin ningún elemento intermedio. Esto se da bajo una condición de que la alimentación eléctrica del controlador como la de la electroválvula sea del mismo valor de potencia. El PLC trabaja con valor de 110V e igual que la electroválvula y ambos se conectan directamente.
- ✓ **Conexión indirecta:** Es cuando los dispositivos tienen valores de tensión diferentes y es importante de emplear un transformador, reductores o rectificadores de voltaje según las especificaciones eléctricas de ambos componentes.

Ejemplo: si un PLC trabaja con una tensión de 110 Vca y la electroválvula trabaja con una tensión de 24 Vcc, entonces ambos componentes es necesario que usen un transformador que reduzca y rectifique la tensión a 120Vca a 24Vcc.



FIGURA 38. CONEXIÓN DIRECTA E INDIRECTA DE PLC-ELECTROVÁLVULA
Fuente: Albeson, Ramiro, Rilvio(2011)

En diseño que se está proponiendo la conexión que habrá entre la electroválvula y el PLC va ser directa por la alimentación directa porque ambos poseen la misma tensión que es de (110Vca).

8.2.5 ALGORITMO DE PROGRAMACIÓN

Para la programación de cualquier PLC es necesario basarse en un algoritmo el cual facilitará la visualización de lo que se desea controlar, (cómo y cuándo).

El proceso de irrigación será controlado por un solo PLC Logo! 230RC que tiene la capacidad de controlar 4 electroválvulas a la vez y al incluir un módulo de expansión DM8230R DI4/DO4 pueden controlarse hasta 8. El PLC podrá controlar la presencia de flujo o no flujo del agua que pase de las electroválvulas hacia los dispositivos de riego (goteo).

Existen diferentes modelos de algoritmos, el que se empleó se le llama Algoritmo de Compuertas Lógicas o Algebra Booleana, utilizado en electrónica digital por su facilidad de diseño y comprensión.

8.2.6 ALGORITMO DE COMPUERTAS LÓGICAS Y TABLA DE VERDAD

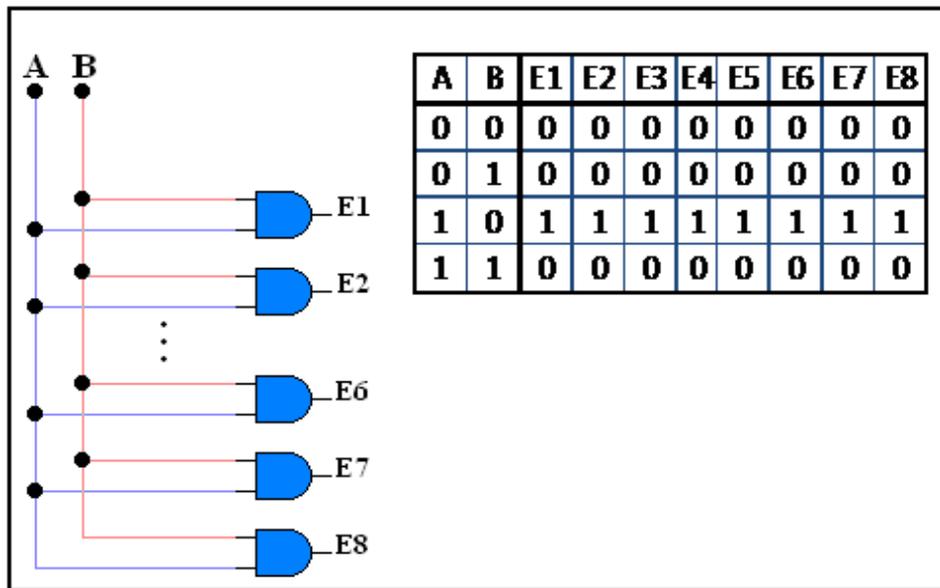


FIGURA 39. Algoritmo de compuertas lógicas y tabla de verdad

Fuente: Propia

- **A:** Hora de apertura de electroválvulas (1: activo, 0: inactivo)
- **B:** Hora de cierre de electroválvulas (1: activo, 0: inactivo)
- **E1-E8:** Electroválvulas (1: abiertas, 0: cerradas)

En la figura No, 39. Se observa el algoritmo de programación del controlador para la automatización del circuito, el cual se traduce de la siguiente manera:

- ❖ Existen 4 combinaciones diferentes para la hora de activación (A) y la hora de desactivación (B) de las electroválvulas E1-E8. Solamente existe 1 combinación para que las 8 electroválvulas se activen y se lleve a cabo el proceso del riego la cual es: Hora de activación alcanzada, Hora de desactivación aun no alcanzada.

La siguiente figura No.40, muestra de manera más ordenada como se pretende que se dé el funcionamiento del sistema de control de las electroválvulas con los sectores de acuerdo a los días y horas específicas que estas funcionarán.

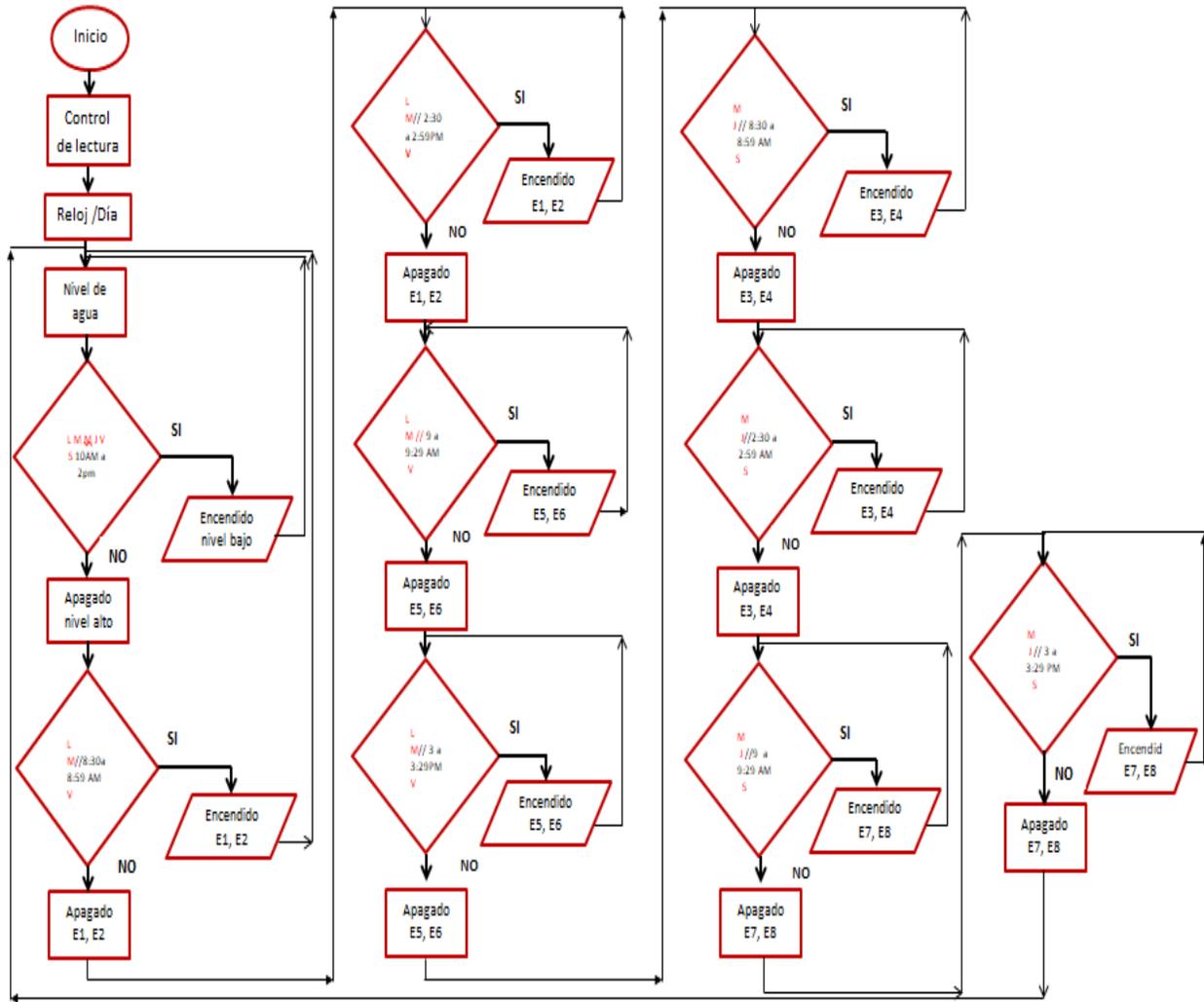


FIGURA 40: DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE CONTROL.

Fuente: propia

Una vez definidas las condiciones de trabajo y el algoritmo se diseña la programación interna del PLC de tal manera que se cumpla lo estipulado con anterioridad.

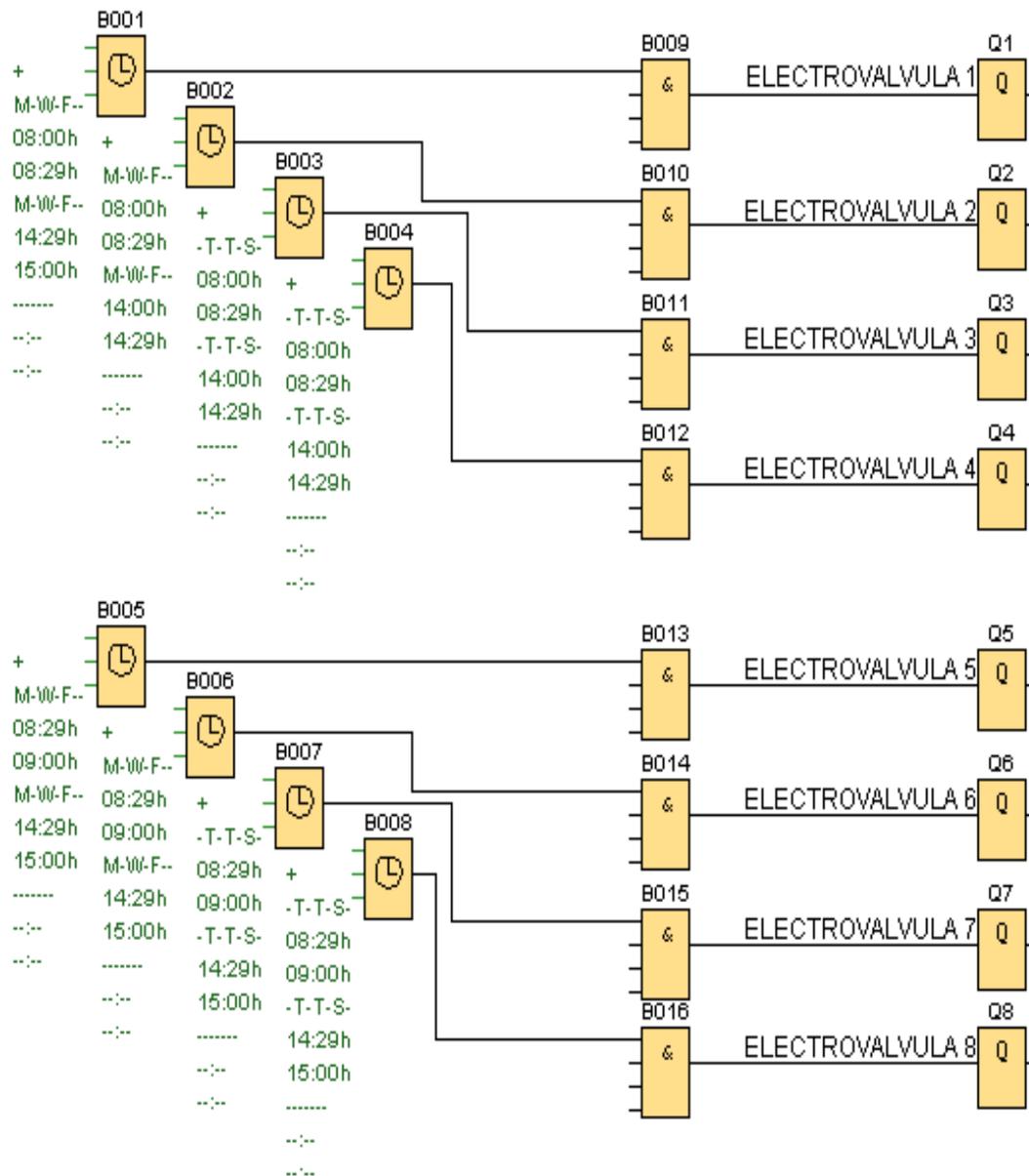


FIGURA 41. PROGRAMACIÓN INTERNA DEL PLC.

Fuente: Propia

- B001 - B001: Función especial Temporizador Semanal
- B009 - B006: Bloque de comparación función AND
- Q1 - Q8: Electroválvulas

La figura No.41 muestra la programación interna del PLC Logo! 230RC. La función especial Temporizador Semanal le da al controlador la capacidad de abrir y cerrar las electroválvulas a la hora y el día programado.

Los temporizadores B007 E1, B001 E2, B002 E3 y B006 E4 corresponden a la programación de la activación y desactivación de las 4 electroválvulas de las dos manzanas de sandía. El lapso entre la hora de activación y la de desactivación se programó para 29 minutos en la mañana, de 8:30 Am a 8:59 Am, y en la tarde, de 2:30 Pm a 2:59 Pm; los temporizadores B007 E1 y B001 E2 para los días lunes, miércoles y viernes, y los temporizadores B002 E3 y B006 E4 para los días martes, jueves y sábados.

Los temporizadores B008 E5, B003 E6, B004 E7 y B009 E8 corresponden a la programación de la activación y desactivación de las 4 electroválvulas de la manzana de tomate. El lapso entre la hora de activación y la de desactivación se programó para 29 minutos en la mañana, de 09:00 Am a 9:29 Am, y en la tarde, de 3:00 Pm a 3:29 Pm; los temporizadores B008 E5 y B003 E6 para los días lunes, miércoles y viernes, y los temporizadores B004 E7 y B009 E8 para los días martes, jueves y sábados.

En la tabla No.12. Se muestra dónde están indicados los días y el tiempo de activación de cada una de las electroválvulas de los sectores establecido en el riego. Muestra la indicación de los días y el tiempo de la activación de cada electroválvula.

8.2.7 TIEMPO DE ACTIVACIÓN DE LAS ELECTROVÁLVULAS EN EL RIEGO AUTOMATIZADO.

Días de la semana	Electroválvulas		Horarios de activación	
	Sector	Electroválvula	Horario 1	Horario 2
Lunes	Sector a	E1	08:30 Am - 08:59Am	02:30 Pm -02:59 Pm
	Sector b	E2	08:30 Am - 08:59 Am	02:30 Pm -02:59 Pm
	Sector e	E5	09:00 Am - 09:29 Am	03:00 Pm -03:29 Pm
	Sector f	E6	09:00 Am - 09:29Am	03:00 Pm -03:29 Pm
Martes	Sector c	E3	08:30 Am - 08:59Am	02:30 Pm -02:59 Pm
	Sector d	E4	08:30 Am - 08:59 Am	02:30 Pm -02:59 Pm
	Sector g	E7	09:00 Am - 09:29 Am	03:00 Pm -03:29 Pm
	Sector h	E8	09:00 Am - 09:29Am	03:00 Pm -03:29 Pm
Miércoles	Sector a	E1	08:30 Am - 08:59Am	02:30 Pm -02:59 Pm
	Sector b	E2	08:30 Am - 08:59 Am	02:30 Pm -02:59 Pm
	Sector e	E5	09:00 Am - 09:29 Am	03:00 Pm -03:29 Pm
	Sector f	E6	09:00 Am - 09:29Am	03:00 Pm -03:29 Pm
Jueves	Sector c	E3	08:30 Am - 08:59Am	02:30 Pm -02:59 Pm
	Sector d	E4	08:30 Am - 08:59 Am	02:30 Pm -02:59 Pm
	Sector g	E7	09:00 Am - 09:29 Am	03:00 Pm -03:29 Pm
	Sector h	E8	09:00 Am - 09:29Am	03:00 Pm -03:29 Pm
Viernes	Sector a	E1	08:30 Am - 08:59Am	02:30 Pm -02:59 Pm
	Sector b	E2	08:30 Am - 08:59 Am	02:30 Pm -02:59 Pm
	Sector e	E5	09:00 Am - 09:29 Am	03:00 Pm -03:29 Pm
	Sector f	E6	09:00 Am - 09:29Am	03:00 Pm -03:29Pm
Sábado	Sector c	E3	08:30 Am - 08:59 Am	02:30 Pm -02:59 Pm
	Sector d	E4	08:30 Am - 08:59 Am	02:30Pm -02:59 Pm
	Sector g	E7	09:00 Am - 09:29 Am	03:00 Pm -03:29 Pm
	Sector h	E8	09:00 Am - 09:29 Am	03:00 Pm -03:29 Pm

TABLA 12. DIAS Y HORARIOS DE ACTIVACIÓN DE CADA UNA DE LAS ELECTROVÁLVULAS DE LAS TRES MANZANAS DE CULTIVOS.

Fuente: Propia

8.2.8 DIAGRAMA DEL SISTEMA DEL SISTEMA DE CONTROL FOTOVOLTAICO DEL SISTEMA DE RIEGO.

En el diagrama se presenta el circuito electrónico del sistema de alimentación de los componentes del sistema de control, ver figura No. 42.

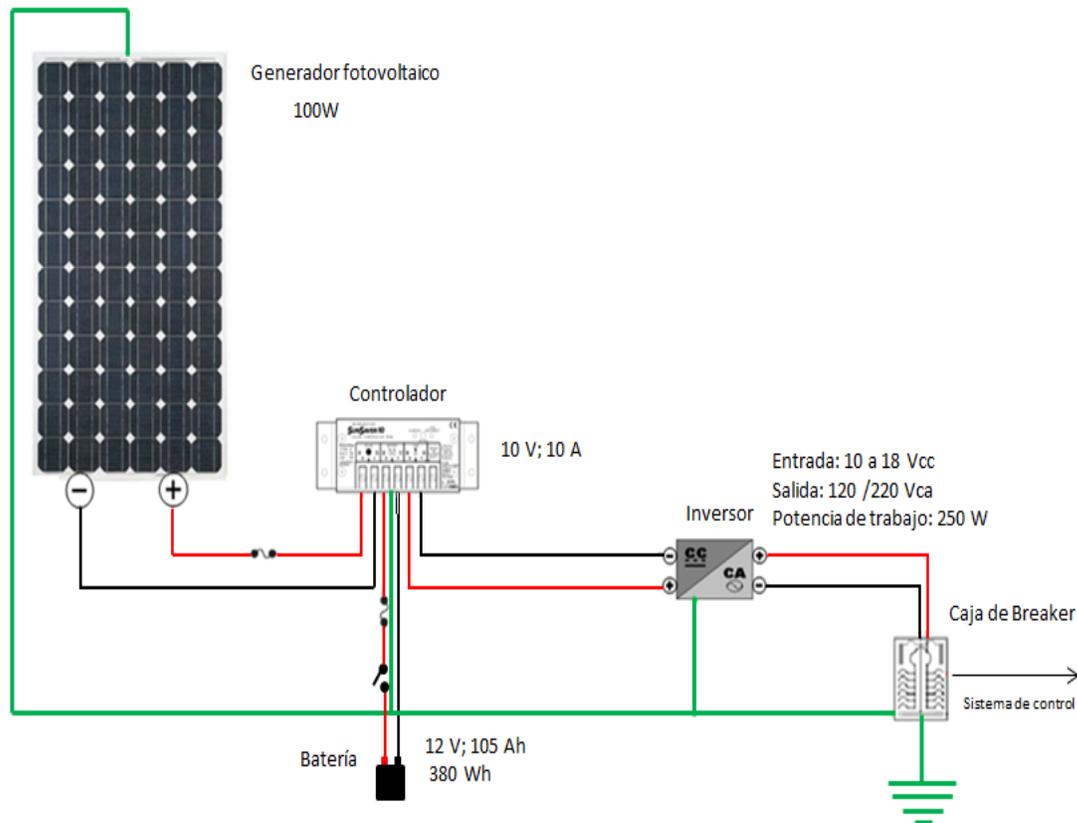


FIGURA 42. DIAGRAMA ETAPA DE CONTROL
Fuente: Propia

Sistema de riego: Conformar mecanismos de riego como goteros, tuberías, mangueras, entre otros.

8.2.9 SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO: Son todos los dispositivos electrónicos para controlar a manera simple y eficiente el flujo total o nulo de agua en el sistema de riego tales como el controlador, contactor, relees térmicos, electroválvulas, cables eléctricos, etc.

8.2.10 SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA: Está formado por un conjunto de componentes como paneles solares, inversores, batería, controlador de carga, bomba sumergible, etc., para la generación de la energía eléctrica.

8.2.11 MÓDULOS SOLARES

Para determinar la cantidad de módulos se debe tomar en cuenta el porcentaje de caída de voltaje, el cual depende de las magnitudes de temperatura que se presenten en el ambiente.

$$\text{Caída \% voltaje} = [(temp. prom. máx. - temp. Cond. Estand.) + Temp. Ad] \times \% \text{ caída de volt.} \quad \text{Ec. 8.33.}$$

Donde Temp. Prom. máx. es la temperatura promedio máximo, Temp. Cond. Estand. es la temperatura condensada estándar y Temp. Ad. Es la Temperatura adicional.

$$\text{Caída \% voltaje} = [(29.1^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) + 10^{\circ}\text{C}] \times 0.5\% = 7\%$$

$$\text{Eficiencia de caída de voltaje} = 1 - \text{Caída \% voltaje} \quad \text{Ec. 8.34.}$$

$$\text{Eficiencia de caída de voltaje} = 1 - 7\% = 93\%$$

Con los valores obtenidos en esta sección se calcula la eficiencia del sistema el cual está conformado por la batería, el inversor, y el cableado a utilizar en las conexiones.

$$\text{Ef. Sist.} = \text{Ef. de caída de voltaje} * \text{Ef. Batería} * \text{Ef. Inversor} * \text{Ef cableado} \quad \text{Ec. 8.35.}$$

Dónde:

Ef. Sist. = Eficiencia del sistema
caída de voltaje

Ef. de caída de voltaje = Eficiencia

Ef. Batería = Eficiencia de baterías

Ef. Inversor = eficiencia del inversor

Ef cableado = eficiencia del cableado

$$\mathbf{Ef. Sist. = 93\% * 85\% * 94\% * 97\% = 72\%}$$

Eficiencia del sistema = 72%

Ahora se procede a calcular cuánto es la potencia que el generador debe suministrar al sistema aislado:

$$P_{gen} = \left[\frac{E_{total AC} / Ef.Sist.}{Insolación mínima} \right] \quad \mathbf{Ec. 8.36.}$$

Dónde:

P_{gen} = potencia del generador

$E_{totalAC}$ = Energía total de los componentes en corriente alterna

Ef. Sist. = Eficiencia del sistema

$$P_g = \left[\frac{380 Wh/día / 0.72}{5.8 h/día} \right] = 91.10 W$$

Con un módulo solar de 100W será suficiente para alimentar el sistema de control.

Seminario de Graduación

El módulo propuesto es un panel marca JUTA modelo TEC100 el cual presenta las siguientes características:

Características eléctricas	Características mecánicas
Potencia máxima:100 W	Vidrio templado y estructura de alta transmisividad
Voltaje pico: 18.5V	Células laminadas en EVA(etil-vinitil-acetato)
Corriente pico:5.5 A	Capa posterior de tedlar/poliéster de varias capas
Voltaje circuito abierto:22.2V	Marco: aluminio anodizado
Corriente corto circuito: 5.8 A	Caja de conexión: con diodos bypass
Dimensiones :1170 x 680 x 35	Toma de tierra :si

TABLA 13.CARATERISTICAS MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS DEL MÓDULO JUTA.

FUENTE: TECNOSOL

El **controlador** que se ha propuesto utilizar es un SUNSAVER-10, marca MORNINGSTAR, modelo SS10 En la siguiente imagen se muestra el controlador de carga que se va utilizar en el sistema.

Marca: MORNIINGSTAR **Modelo:** SUNSAVER-10

Voltaje del sistema	12 V
Carga especificada	10 A
Sobrecarga 25% de corriente	5min
Batería sellada	14.1 V
Batería con liquido	14.4 V
Desconexión de carga	11.5 V
Consumo propio	6 a 10 Ma

TABLA 14. CARACTERÍSTICAS DEL CONTROLADOR DE CARGA MORNINGSTAR

FUENTE: (ERA SOLAR)

Inversor de carga

Marca : ISOFOTON Modelo: ISOVERTER250/12	
Voltaje de entrada	10- 18 Vcc
Voltaje de salida	110/240 Vca
Potencia de trabajo	250 W
Porcentaje de pérdidas de potencia	20%

TABLA 15. CARACTERISTICAS DEL INVERSOR DE CARGA.

Fuente :(ERA SOLAR)

La conversión de CC a CA se lleva a cabo con una eficiencia que oscila entre el 75 y el 91%. Esto significa que las pérdidas son variable entre el 25 y el 9% de la potencia suministrada en la entrada. Esto se debe a que el consumo del circuito del inversor no crece proporcionalmente con el aumento de la potencia que éste puede manejar. Porcentualmente, estas pérdidas representan un menor valor cuando la potencia que maneja el inversor se eleva. Modelos de 100 a 300W pierden entre 20 y 25%.

Banco de Batería

Marca: SunPower

- 12 V , 105 Ah

Banco de batería o acumuladores en base al estudio de carga del sistema propuesto, se determinara cuantas baterías se necesitan para almacenar para tres días de autonomía. Se inicia calculando el consumo total de todo el sistema con la ecuación:

En base al censo de carga del sistema propuesto se determinara cuantas baterías se necesitan para almacenar energía para tres días de autonomía. Se inicia calculando el consumo total de todo el sistema.

$$Ah/dia \text{ prom} = \left[\frac{(E_{total \ AC} / Ef \ Inversor) + E_{total \ DC}}{Voltaje \ del \ sistema} \right] \quad \text{Ec. 8.30.}$$

Dónde:

Ah/día = Corriente por hora que se consume en el día.

Energía Total DC = 0V, todas las cargas trabajan con corriente alterna.

El voltaje del sistema es igual a 12V. Se eligió este sistema debido a que son más económicas y eficientes.

La eficiencia del inversor tiene un promedio del 94%.

$$Ah/dia\ prom = \left[\frac{(380\ Wh/dia / 0.94) + 0\ V}{12\ V} \right] = 33.69\ Ah/dia$$

Con este valor se determinar cuántas baterías se disponen en paralelo.

$$Bat.\ paralelo = \frac{Ah/Dia\ prom \times (Dias\ de\ Autonomia / profundidad\ de\ descarga)}{Capacidad\ de\ Baterias\ en\ Ah} \quad \text{Ec. 8.31.}$$

Dónde:

Los días de autonomía son generalmente 3.

La profundidad de descarga es el 80% en todas las baterías.

Se sugieren baterías con capacidad de 105 Ah.

$$Bat.\ paralelo = \frac{33.69Ah \times (3 / 0.8)}{105\ Ah} = 1$$

En este caso no se conectaran baterías en paralelo.

Para obtener las baterías en serie se toma en cuenta el voltaje del sistema que es de 12V y el voltaje de la batería que tentativamente se escogieron de 12V.

$$Baterias\ en\ serie = \frac{Voltaje\ del\ sistema}{Voltaje\ de\ bateria} \quad \text{Ec. 8.32.}$$

$$Baterias\ en\ serie = \frac{12\ V}{12\ V} = 1$$

En resumen, se usara una batería de 12V, 105 Ah, para almacenar la energía solar.

La batería que se propone es una Synthesis Power Marine, esta línea proporciona un arranque confiable y son de ciclo profundo.



FIGURA 43. Baterías SunPower

Fuente: Tecnosol

Dimensionado del sistema de alimentación fotovoltaica para el sistema de control automático.

Se iniciara por realizar una anotación de carga de todos los diferentes componentes que se irán utilizar en el sistema.

Componentes	Cantidad	Potencia individual(W)	Potencia total(W)	Energía AC(Wh/día)
PLC	1	5	5	120
Lámpara 1	1	20	20	200
Lámpara 2	1	20	20	40
Electroválvula	4	5	20	20
Energía total :380Wh/día				

TABLA 16. LISTA DE CARGA DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO.

Fuente: Propia

8.2.12 DIAGRAMA DEL CONTROL DE NIVEL DE AGUA EN EL SISTEMA.

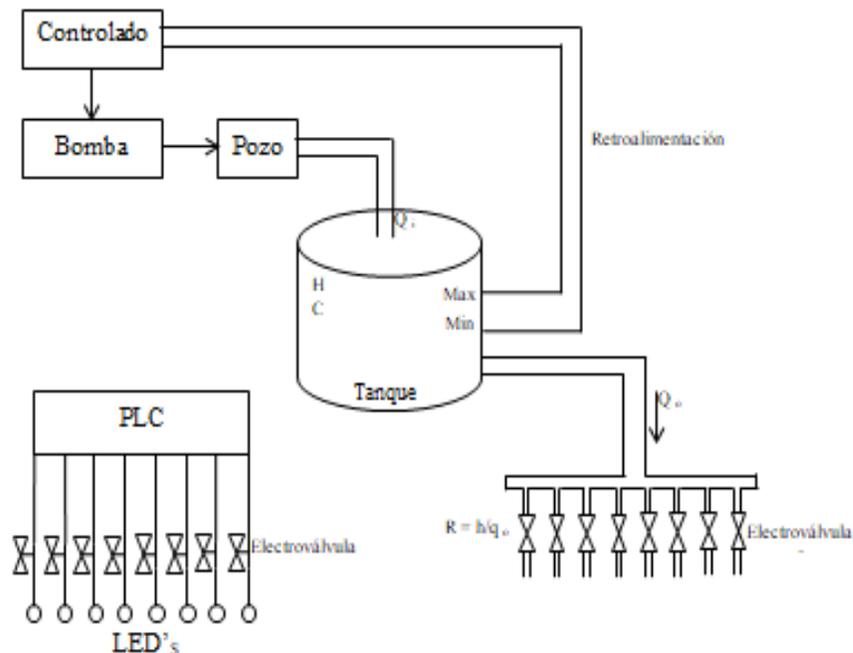


FIGURA 44. diagrama del sistema de control de nivel de agua y flujo del sistema diseñado.
Fuente: Propia

Etapa del circuito del control automático:

Salida o variable controlada: Flujo o no flujo del agua.

Variable manipulada: Estado de electroválvula abierta o cerrada.

Sistema de control: La etapa del PLC, electroválvula están en lazo abierto, el PLC no detecta cada una de las electroválvula si están funcionando o no si hay flujo de agua o no.

La detección del estado de las electroválvulas se realiza mediante los diodos emisores de luz (Led), integrados en las electroválvulas:

- Si la electroválvula está en buen estado y está siendo alimentada, el led debe encenderse cuando el PLC la activa.
- Si la electroválvula está en mal estado o no está siendo alimentada, el led debe permanecer apagado cuando el PLC la activa.

La detección de flujo o no flujo de agua en las tuberías se hace por medio de los manómetros utilizados en el riego.

Tipo de control: El tipo de control es discreto, se dan en dos estados que son:

- ON: Electroválvula activa.
- OFF: Electroválvula desactivada

Etapa de bombeo

Salida o variable controlada: Nivel de agua en el tanque

22 m³: Nivel alto

20 m³: Nivel bajo

Variable manipulada: Caudal de salida de la bomba.

Sistema de control: La etapa de bombeo de agua es un sistema de lazo cerrado. El control de nivel ubicado en el tanque le indica al controlador solar el nivel de agua en el tanque:

- Si la prueba de nivel es máxima, el controlador solar apaga la bomba.
- Si la prueba de nivel es mínima, el controlador solar enciende la bomba.

Tipo de control: El tipo de control es discreto. Los cambios se dan en dos estados:

- ON: Nivel de agua en el tanque mínimo
- OFF: Nivel de agua en el tanque máximo

8.2.13 REPRESENTACIÓN MATEMÁTICA DEL LLENADO DEL TANQUE

q_i: Flujo de agua de entrada al tanque.

q_o : Flujo de agua a la salida del tanque.

h : Nivel de agua en el tanque.

c : Capacidad del tanque (volumen)

R : Relación establecida por la válvula inversamente proporcional entre el nivel de agua en el tanque y el flujo de agua de salida:

- Si la válvula está abierta, el nivel de agua en el tanque baja.
- Si la válvula está cerrada, el nivel de agua en el tanque se mantiene intacto.

La dinámica del sistema tiene dos comportamientos:

- Cuando el tanque se está llenando la válvula de salida está cerrada.
- Cuando el tanque se está llenando y la válvula de salida está abierta.

Para determinar la representación matemática se sigue al siguiente procedimiento:

Aplicación de la ecuación balance

Entrada – Salida = Acumulación

Ec. 8.37.

Dónde:

Entrada: Es el flujo de agua que entra al tanque.

Salida: Es el flujo de agua que sale del tanque.

Acumulación: Es la capacidad y nivel de agua variable en el tanque.

$$q_i(t) - q_o(t) = c \frac{dh(t)}{dt}$$

$$\text{Como } R = \frac{h(t)}{q_o(t)} \text{ entonces: } q_o(t) = q_i(t) - q_o(t) = c \frac{dh(t)}{dt}$$

$$q_i(t) - \frac{h(t)}{R} = c \frac{dh(t)}{dt}$$

Ec. 8.38.

Esta es una ecuación diferencial, determina el comportamiento dinámico del sistema. Para evitar la complejidad de esta ecuación diferencial, se debe aplicar la Transformada de L'Place.

8.2.14 CONVERTIR LA ECUACIÓN DIFERENCIAL EN ECUACIÓN ALGEBRAICA:

Aplicando directamente la Transformada de L'Place la ecuación diferencial queda como:

$$Q_i(s) - \frac{H(s)}{R} = CS H(s)$$

Ec. 8.39.

$$Q_i(s) = CS H(s) + \frac{H(s)}{R}$$

$$Q_i(s) = H(s) \left[\frac{RCS+1}{R} \right]$$

Ec. 8.40.

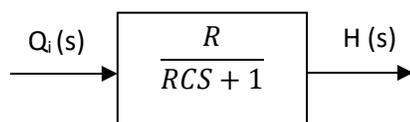
Esta ecuación algebraica nos permite representar matemáticamente la relación nivel con entrada.

Relación nivel con entrada.

$$\frac{H(s)}{Q_i} = \frac{R}{RCS+1}$$

Ec. 8.41.

El diagrama funcional de esta expresión se representa de la siguiente forma:



Este modelo matemático representa el proceso de cómo se llena el tanque cuando la válvula está cerrada (flujo de salida nulo). La función transferencial $R/(RCS + 1)$, representa la relación entre el nivel del tanque y el flujo de entrada cuando la válvula está cerrada.

Relación salida con entrada.

$$Q_i(s) - \frac{H(s)}{R} = CS H(s)$$

Como $R = \frac{H(s)}{Q_o(s)}$ entonces:

$$Q_i(s) - Q_o(s) = RCS Q_o(s)$$

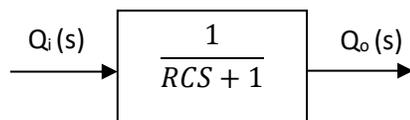
$$Q_i(s) = RCS Q_o(s) + Q_o(s)$$

$$Q_i(s) = Q_o(s)(RCS + 1)$$

$$\frac{Q_o(s)}{Q_i(s)} = \frac{1}{RCS + 1}$$

Ec. 8.42.

Diagrama funcional:



Este modelo matemático el proceso de cómo se llena el tanque al mismo tiempo que la válvula de salida está abierta ($Q_o \neq 0$), es decir: desde que la partícula de agua entra hasta que sale.

En este caso RC puede ser sustituido por la función transferencial \square , que es una constante de tiempo:

$$\frac{Q_o(s)}{Q_i(s)} = \frac{1}{\tau s + 1}$$

Esta constante de tiempo determina el tiempo desde que la partícula de agua entra al tanque hasta que sale.

8.2.15 OTROS COMPONENTES QUE CONFORMAN LA ETAPA DE CONTROL.

Controladores

Debido que los controladores son el cerebro de las operaciones en los sistemas, como el sistema de riego se debe que elegir el adecuado para que satisface las diferentes necesidades que se presenten teniendo en cuenta su eficiencia, durabilidad y características generales.

Entre los controladores más eficientes y rentable, cotizado en el mercado nacional se encontró el controlador Lógico Programable (PLC) LOGO! de SIEMENS.

PLC Logo de siemens 230 RC.

Es el más adecuado para implementarse al sistema, debido a su bajo costo, durabilidad y alta eficiencia; posee los elementos necesarios básicos en un controlador para el sistema de bombeo propuesto, tanto en características eléctricas como en sus acciones de control, además el lenguaje de programación es muy fácil y rápido.

La etapa del PLC, las electroválvulas están en lazo abierto. El PLC no puede detectar si cada una de las electroválvulas está funcionando o si hay flujo o no flujo en las tuberías.

La detección del estado de las electroválvulas, se realiza mediante los diodos emisores de luz (Led), integrados en las electroválvulas:

- Si la electroválvula está en buen estado y está siendo alimentada, el led debe de encenderse cuando el PLC la activa.

- Si la electroválvula está en mal estado o no está siendo alimentada, el led debe permanecer apagado cuando el PLC la activa.

Por otra parte, se censara el electro nivel del tanque después de cada descarga de agua por zona. La detección de flujo o no flujo de agua en las tuberías se hace por medio de los manómetros utilizados en el método de riego.

En la figura No. 45 se puede mostrar la imagen de logo programable.

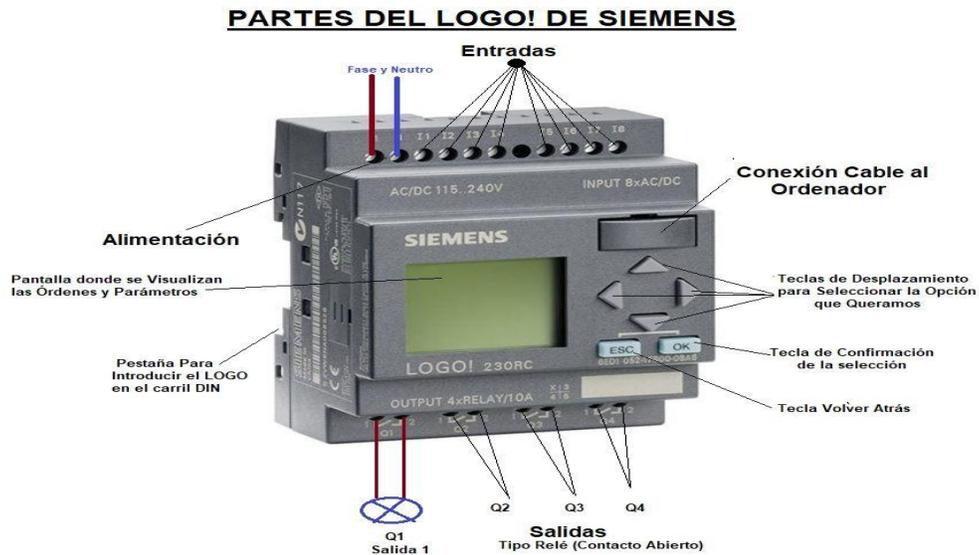


FIGURA 45.ILUSTRACIÓN 1LOGO SIEMENS 230RC
Fuente: LOGO SIMENS

características específicas del PLC logo 230 RC	
4	Salidas a revelador.
24	Funciones de contador.
8	Interruptores de horario.
8	Entradas.
3	Contadores de horas de funcionamiento.
42	Relé de impulso de movimiento.
16	Funciones horaria.

TABLA 17.CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PLC.
FUENTE: SIMENS LOGO!.

Protección Eléctrica

Todo sistema que posea aparatos de la naturaleza antes mencionada, debe tener protección contra cualquier fenómeno que pueda ocurrir en su alimentación eléctrica, mal funcionamiento de dispositivos, malas manipulaciones, cortocircuitos, etc. Es por eso que se debe implementar elementos de protección al sistema de riego automático. Existen muchos dispositivos de protección, entre los más importantes están:

Contactores: Es un aparato mecánico de conexión y desconexión eléctrica automática, accionado por cualquier forma de energía, capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga. Las energías utilizadas para accionar un contactor pueden ser: mecánicas, magnéticas, neumáticas, etc.

Disyuntores: Un disyuntor o interruptor automático magneto-térmico es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula le da un determinado valor, o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos.

Electroválvulas

Es un dispositivo diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto. Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte la energía eléctrica en mecánica para actuar sobre la válvula. Es común que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta. Casi todas las electroválvulas comerciales emplean este mismo principio con variantes en la fuente de alimentación principal (algunas de 24Vcc otras de hasta 120Vca).

Interruptor.

Todo sistema de control automático además de su debida protección eléctrica, debe de tener interruptores manuales ya que puede haber momento de desactivar todo el sistema en caso de emergencia. Existen muchas variedades de interruptores en el mercado. Se debe tomar dos cosas muy importantes que son calidad y durabilidad.

La calidad determina la eficiencia de los dispositivos y la durabilidad la cantidad de vida que trabaja y el ciclo de trabajo que puede soportar.

Cajas de protección

Las cajas de protección, tienen como objetivo asegurar y simplificar la construcción de elementos eléctricos (Contactores, disyuntores, controladores, etc.) y contribuir a su protección a través de todo su ciclo de vida. Para elegir adecuadamente un envolvente, es necesario tener identificado el ambiente de trabajo que rodea a los elementos a proteger.

8.3 ETAPA DE RIEGO

En esta última etapa se describen los elementos finales que conforman el sistema de riego fotovoltaico que se utilizaran en la finca san Antonio que son los cultivos tomados como muestra para el sistema de riego, dividido entre sandias y tomates respectivamente, que son el resultados del proceso realizado por los elementos de las etapas número uno y dos del sistema de riego.

8.3.1 MÉTODO DE RIEGO

En este proceso es muy importante a considerar es la eficiencia de aplicación del agua del sistema de riego, ya que se deben de minimizar las pérdidas del agua aplicada a la hectárea para que la planta tenga la mayor cantidad de agua disponible y no existan desperdicios del vital líquido.

8.3.2 DETERMINACIÓN DE A EVAPORACIÓN

La evaporación se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo.

Es el uso consecutivo o la cantidad de agua que necesita un determinado cultivo en un momento dado, esta es una información que será de mucha importancia, por medio de estos datos que genera nos ayuda a determinar los requisitos de un riego.

Para este estudio se realizaran los cálculos de evapotranspiración en las condiciones climáticas y ambientales más críticas registrada en los últimos tres años en el municipio de Altagracia donde según el instituto de nicaragüense de estudios territoriales (INETER) la temporada más caluroso es entre marzo a mayo. Para realizar los cálculos se utilizara el método de Doormbos y Pruit, estas fórmulas matemáticas son las siguientes: ver tabla No.18.

Uso consuntivo en litros /planta/día.	
<p>UC= F1. F2 donde:</p> <p>F1: El factor de cultivo.F2: El factor de clima.</p>	<p>HR: Factor de humedad relativa.</p> <p>V: Factor de viento.</p> <p>L: Factor de latitud.</p> <p>N: Factor de nubosidad.</p>
<p>F2 está definida por la siguiente ecuación:</p> <p>F2 = 0.3*T*A*HR*V*L*N</p> <p>T: Factor de temperatura.</p> <p>A: Factor de altitud.</p>	

TABLA 18. USO CONSUNTIVO DE AGUA EN LA PLANTA.

Fuente: Doormbos y Pruit.

Seminario de Graduación

Los cultivos tomados como objetivos de estudios son el tomate y la sandía, porque son productos exportables y de abastecimiento propio a los pequeños comerciantes del municipio, sin embargo este sistema de riego se puede ampliar para el cultivo de plátano, ya que Ometepe se caracteriza por la producción y exportación de dicho cultivo.

En las siguientes tablas se muestra las etapas de crecimiento de cada uno de los cultivos. En la tabla No.19 se demuestra etapa de desarrollo de la sandía, la tabla No.20 muestra la etapa de crecimiento del tomate.

Etapas de desarrollo	KC
Establecimiento(10-15)	0.5
Periodo de floración (10-30)	1.5
Maduración (50-55)	0.7

TABLA 19. ETAPA DEL DESARROLLO DE LA SANDIA

Fuente: Propia

Factor de cultivo del tomate está dado por etapas:

Etapas de crecimiento	Duración etapa(días)	Edad del cultivo(días)
Trasplante	1	1
Vegetativa	14	15
Primera floración	14	30
Primer amarre de fruto	10	40
Primer crecimiento de fruto	20	60
Inicio de cosecha- fin de cosecha	21-145	81- 210

TABLA 20.ETAPA DEL DESARROLLO DEL CULTIVO DE TOMATE.

FUENTE: PROPIA

Los cultivos que se han tomado como objetivos son: el tomate, sandía. En la tabla No.21 muestra las bases de los datos recopilados en (INITER) climatológicos de la estación de Rivas/Altagracia, se obtienen los siguientes factores climáticos para los meses de marzo y abril que son los meses más críticos.

Parámetros climatológicos		
Parámetro	Valor medio	Factor
Temperatura	30.4C	0.77
Viento	8m/s	1.52
Humedad relativa	71%	0.7
Altitud	-85.8msnm	1.03
Latitud	11.43	16.05
Nubosidad	Parcialmente	0.575

TABLA 21.DATOS CLIMATOLÓGICOS EN LOS MESES DE MARZO Y ABRIL.

Fuente: Ineter

Entonces la ecuación del factor del clima es:

$$F2 = 0.3 * 0.77 * 1.03 * 0.7 * 1.52 * 16.05 * 0.575$$

$$F2 = 2.336$$

Con tres manzanas cultivadas con 10,880 plantas de tomates sembrado a una distancia una vara cuadrada y 1600(3200 dos manzana.) Plantas de sandía sembrada a 2.5 varas cuadradas, las necesidades de agua pueden ser: En la tabla No.22 se observa cada uno de los datos.

Uso de consumo por planta	$UC=F1 \cdot F2$ (litros/planta/día)	Uso de consumo por manzana	$UC=UC \cdot No$ de plantas. (litros/planta/día)
Planta de sandia	$UCS=0.95 \cdot 2.04$ $UCS=1.9$	En dos manzana de cultivo de sandia	$UCS= 1.9 \cdot 10890$ $UCs=20,691$
Planta de tomate	$UCT=1.05 \cdot 2.04$ $UCT=2.1$	En una manzana de cultivo de tomate	$UCT=2.1 \cdot 20000$ $UTC=42000$

TABLA 22. USO DE CONSUMO DEL CULTIVO DE TOMATE Y DEL CULTIVO DE SANDIA

Fuente: Propia

El factor de cultivo F_1 es propio para cada cultivo y se obtiene del Anexo C. El Factor de clima F_2 .

Con base a las condiciones climáticas del departamento de Rivas y el factor de cultivo, el cultivo de tomate necesita más agua que el cultivo de sandía.

El uso consuntivo determina el tiempo de riego que necesita el cultivo de tomate, sandía, etc. Se determina el volumen de agua al regarse diario.

8.3.3 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE RIEGO PARA LOS CULTIVOS:

Dónde:

TRr: tiempo de riego para cada planta en horas /días o minutos /días.

UC: uso consecutivo de cada planta en litros /planta /día.

NG: número de goteros.

QG: caudal por goteros.

El sistema de goteos son los elementos que se va utilizar en el tipo de riego que se ha seleccionado para el presente diseño.

En la siguiente tabla N° 23 se muestra. Como se emplearan los goteros con un gasto de 2 l/h, se empleara un gotero por planta.se hizo los cálculos de tiempo de riego que se obtiene.

Formula de tiempo de riego	Tiempo de riego para el tomate	Tiempo de riego para la sandia
TR= UC/NG.QG (min/día)	TR= 2.1/ (1).(33) TR=63	TR= 1.9 /(1).(33) TR=57

TABLA 23. TIEMPO DE RIEGOS PARA LOS CULTIVOS DE MUESTRA.

Fuente: Propia

Como el uso del consumo del cultivo del tomate es menor que el cultivo de sandía, el tiempo de riego será determinado por las condiciones del trabajo del sistema de control automático. Los intervalos del tiempo de riego van permitir la programación, de modo que el sistema de riego aplique la cantidad de agua que necesite cada uno en el momento dado.

Con la sectorización del terreno de las tres manzanas de cultivo el riego será independiente, cada sector tendrá su propia tubería de agua, elemento de control, con el objetivo de poder ser controlado cada hora y el tiempo de riego establecido por día.

El objetivo es que si alguna parte del sistema de riego llega a dar problema en el funcionamiento, no sea interrumpido en su totalidad, de igual manera una de sus ventajas es que se puede dar mantenimiento desde diferentes sectores.

El propósito es regar dos áreas por día, una de tomate con una de sandía cada manzana de cultivo de sandía corresponden a un área, que son el Área A y el Área B, no así la manzana del cultivo de tomate que se divide en dos áreas, que son el Área C y el Área D, debido a que la densidad de plantación es mucho mayor que la de sandía (10,800 plantas de tomate y 2,904 plantas de sandía).

Los cultivos que se han tomado, su plantación es alta, más en el cultivo de tomate, por el motivo mencionado se ha llegado a dividir por sectores, cada sector tendrá sus propios conductos de agua y elementos de control como (electroválvulas).

El riego será aplicado una área de tomate con una área de sandía por día, el volumen de agua al regarse diario será la mitad del volumen de agua por la manzana de tomate, $UTC_T/2$, más de la mitad del volumen de agua que se requerirá por las dos manzanas de sandía $UTC_S/2$.

$$Vol_{Diario} = \frac{UCT_T}{2} + \frac{UCT_S}{2}$$

$$Vol_{Diario} = \frac{42,000}{2} + \frac{20,691}{2} = 31,34 \text{ l/día}$$

$$Vol_{Diario} = 15,00 \text{ m}^3/\text{día}$$

Donde VOL_{Diario} es el volumen total al regar diario en litros/día o metros cúbicos por día $m^3/\text{día}$.

La irrigación va ser solamente dos áreas por días lo cual va reducir el consumo de agua a diario, esto ayuda a dar un uso adecuado a la fuente de agua, como ya se conoce que la potencia del sistema fotovoltaica depende del volumen de agua que se tiene que bombear a diario, ya que si se regarían las tres manzanas se necesitaría más volumen de agua, la bomba necesitaría más potencia para bombear.

Como el sistema fotovoltaico será igual al tiempo de irradiación solar, el volumen de agua depende del caudal de salida de la bomba y del periodo de insolación.

8.3.4 TUBERÍAS

La línea de tubería que se ha propuesto para la instalación del sistema será de PVC en diferentes en diámetro, para determinación de la tubería se utilizó la ecuación que ya está dada para determinar un diámetro económico que es:

$$\phi = 1.13 \sqrt{\frac{Q}{V_{lim}}}$$

ϕ : Es el diámetro de la tubería en metros.

Q: Es el caudal del diseño.

Vlim: Es la velocidad de límite a 1m/s.

La determinación de los diámetros de las diferentes tuberías de la red de distribución, se hizo en base de requerimiento de agua de los cultivos tomados especialmente se especificó el cultivo de tomate. Los diámetros determinados se mostraran en la tabla N° 24.

Tubería	Caudal (m/s)	Diámetro (m)
Primaria	0.0028	0.059
Secundario	0.0014	0.042
Terciario	0.0007	0.034
Portagoteros	0.000088	0.01 0.025m

TABLA 24. DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN.

Fuente: Propia

En los diferentes diámetro de las tuberías hay pérdidas causadas por la fricción en la presión que ocasiona el flujo de agua, así que entre menor es el diámetro de la tubería mayor será la pérdida. Por dicho motivo la tubería de los portagoteros se ha elegido con un diámetro de (1pulgada) siendo mayor al determinado que es (0.01= ½ pulgada) mediante la ecuación de diámetro económico, ya que es muy pequeño y se obtendría mucha pérdida en el flujo de agua.

Tubería	Longitud (m)	Diámetro (p)
Sumergida fuente de agua	5	2
Descarga	340	3
Primaria	15	2 ¼
Secundaria	736.5	1 ¼
Terciaria	402 (4x60m y 4x40.5m)	1 ¼
Tuberías portagoteros	3500 (40x87m)	1

TABLA 25. MEDIDAS DE TUBERÍAS EN EL SISTEMA.

Fuente: Propia

8.3.5 GOTEROS

El tipo de terreno donde se ha realizado este diseñado es franco, sea han elegidos goteros con carga determinado de 2 litros/hora, con una presión de trabajo menor de 10m. Se empleara un gotero por planta, la cantidad de plantas de sandía es de 3,200 y la cantidad de plantas de tomate es de 10,880 la cantidad de goteros que se utilizaran será la suma de los dos cultivos que es de 14080 plantas, entonces la cantidad de goteros es 14080 unidades.



FIGURA 46.EJEMPLO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

Fuente: (Google)

Manómetro

El sistema de control automático es un sistema de malla abierta, manipula la apertura y cierre de las electroválvulas para controlar el flujo de agua, pero no puede determinar desperfectos que pueden existir en las tuberías.

Válvulas: Se empleara una válvula de retención a la salida del tanque para cortar el flujo de agua en caso de mantenimiento de la red de tuberías, etc., o alguna emergencia que se presente. Como el riego no puede ser detenido en caso de que los elementos de control (electroválvulas).

En la figura No 49. Se muestra la ubicación de las electroválvulas en las tuberías de distribución que se realizara por manzanas o sea parcelas, tal como se observa en cada electroválvula tiene un mecanismo auxiliar que se compone de tres válvulas que están conectada dos en serie y en paralelo.

8.3.6 DETERMINACIÓN DEL RIEGO.

En la actualidad uno de los sistemas de riego más eficiente que existen es el riego de goteo que permite que las plantas aprovechen hasta 90% del agua.

Para el diseño que se ha realizado se va hacer una división de las tres manzanas de cultivo tomadas como muestra, en cuatro partes que son dos de tomate y cuatro de sandía a la vez cada parte en dos sectores. Ver en la figura No.47.

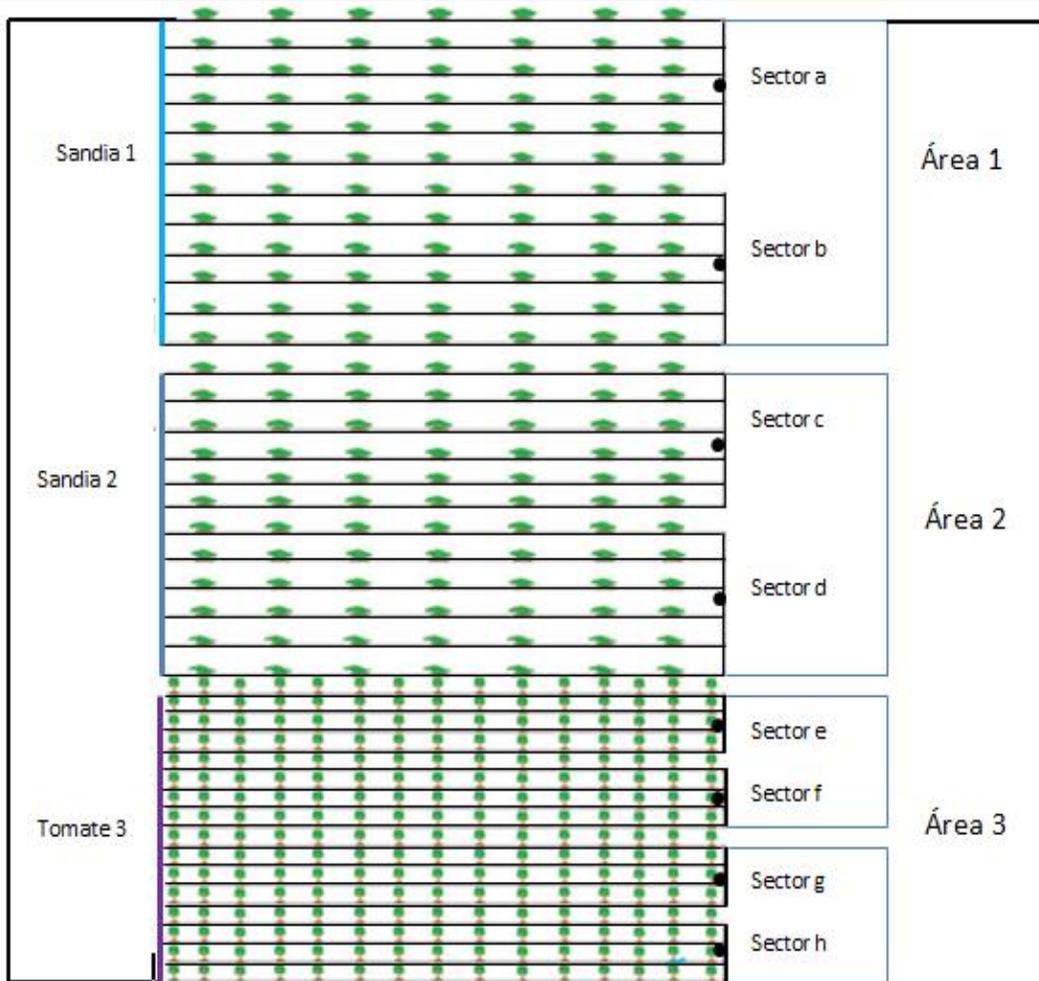


FIGURA 47. MUESTRA DE LAS DIVISIONES DE LAS TRES MANZANAS CULTIVADAS EN CUATRO ÁREAS.
Fuente: Propia

En la figura No. 48, se muestra la trayectoria recorrida por el agua, desde el tanque (Z1) hasta el gotero más alejado (Z2).

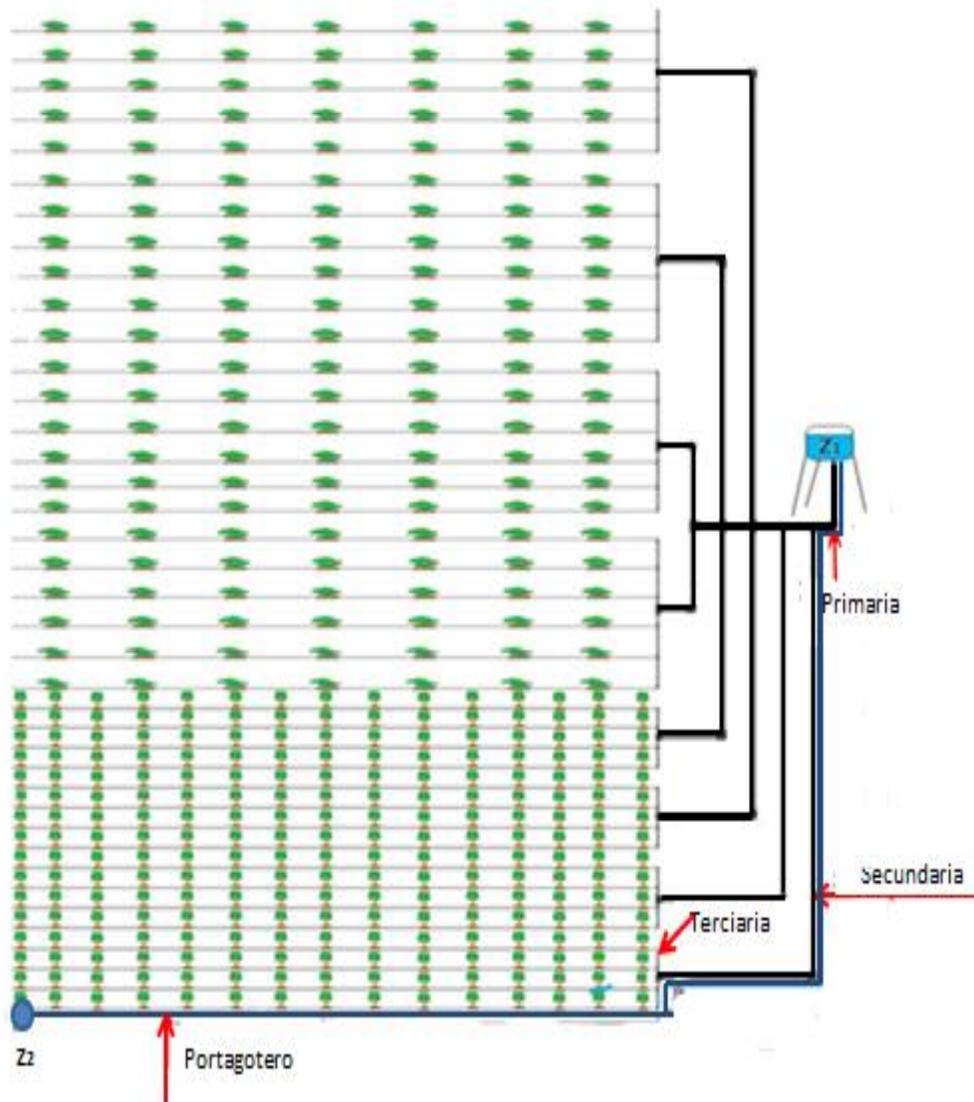


FIGURA 48. TRAYECTORIA MÁS LARGA Y CON MAYOR CAUDAL.

Fuente: Propia

Se ha elegido esta trayectoria por que el cultivo de tomate requiere más agua que el cultivo de sandía, como el caudal en esta trayectoria será mayor que el del otro lado, las pérdidas de presión a considerar también serán mayores, por tanto si la presión de llegada del agua en el punto Z_2 es la suficiente para la descarga del gotero, se quiere que el agua llegue con suficiente presión a todos los puntos de la red de distribución.

Las características de los cultivos que se han tomado como muestra en el proyecto, son para determinar la cantidad de electroválvulas a emplear en la sectorización de las tres manzanas y los distintos periodos de riego para cada sector.

Como son 8 sectores y cada sector se regara completamente en un periodo que se da en un tiempo específico, el cual será distinto para cada uno de los sectores, entonces se utilizara una electroválvula por cada sector sumando un total de 8 electroválvulas en el sistema de riego. Para controlar las 8 electroválvulas, se necesitara emplear un PLC LOGO que posee cuatro salida y un módulo de expansión de 4 entradas.

En la figura No.49, se muestra la ubicación de las electroválvulas en las tuberías de distribución.

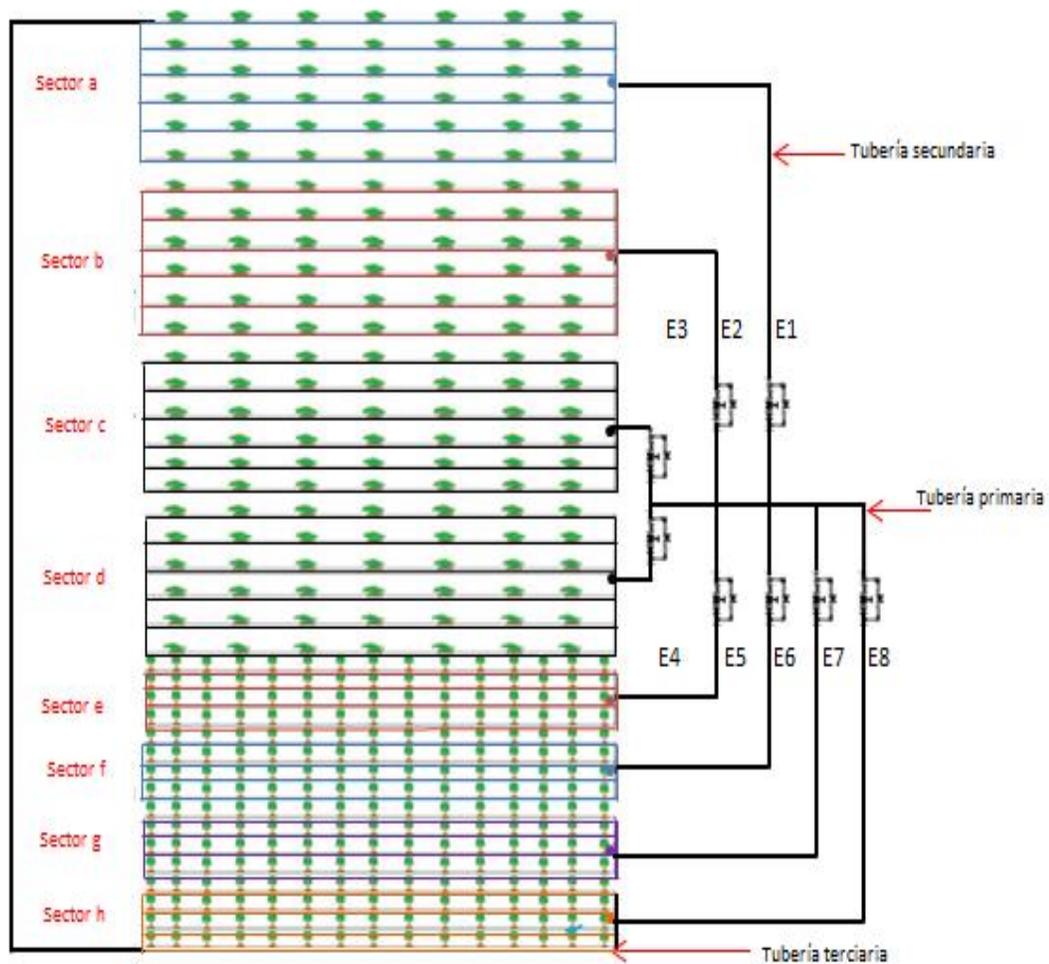


FIGURA 49. UBICACIÓN DE LAS ELECTROVÁLVULAS EN LAS TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN.
Fuente: Propia

Cuando las electroválvulas están funcionando perfectamente, las dos válvulas en serie permanecerán abiertas mientras que la válvula en paralelo permanecerá cerrada, sin embargo, cuando las electroválvulas están en mal estado las dos válvulas en serie se cierran mientras que la válvula en paralelo se abre, de esta forma se garantiza que el flujo de agua no se interrumpa en ningún momento.

En la figura No. 50, se muestran las tuberías de las distribuciones en el sistema de las tres manzanas de cultivos tomadas, especificando las distancias de cada una de las tuberías: primaria, secundaria y terciaria.

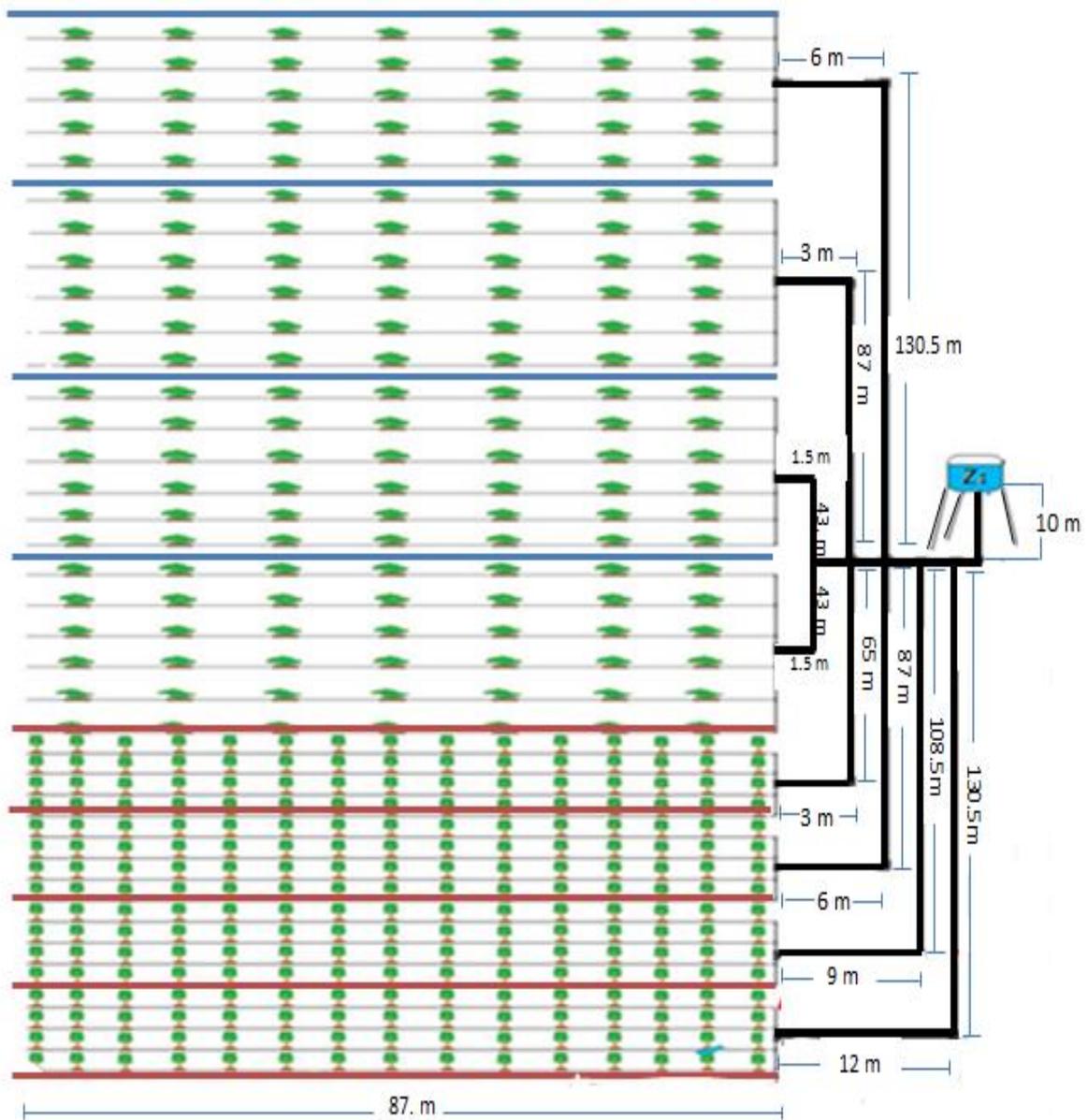


FIGURA 50. DISTANCIA DE CADA UNA DE LAS TUBERÍAS EN EL SISTEMA.

Fuente: Propia

La tubería primaria tiene un mismo diámetro, en las tuberías secundaria el caudal es el mismo, tiene el mismo diámetro pero la longitud es diferente por lo tanto la pérdida es diferente a la tubería primaria; en la tubería terciaria el caudal es el mismo, tiene el mismo diámetro y longitud, así que la pérdida es igual a la tubería secundaria.

8.3.7 TUBERÍA DE PORTAGOTEROS EN EL CULTIVO DE SANDÍA

La pérdida que hay en la tubería primaria hasta que llega a los portagoteros son bajos por la presión que tiene al final de cada tubería portagoteros, es decir, es prácticamente proporcional a la diferencia de la altura del tanque. En el cultivo de sandía, la tubería es igual en los cuatro sectores.

Presión de la tubería de los portagoteros en los sectores de sandía.

Tubería	Longitud/diámetro (m)	Caudal	Perdidas
Primaria	5/0.05	0.00038	0.0022
Secundaria	102/0.042	0.00019	0.065
Terciaria	20/0.034	0.000096	0.01
Portagoteros	80/0.025	0.000024	0.013

TABLA 26.PRESIÓN DE LA TUBERÍA DE LOS PORTAGOTEROS DEL CULTIVO DE SANDÍA.

Fuente: Propia

Las pérdidas desde la tubería primaria hasta las tuberías portagoteros del sector A, son despreciables, de forma que la presión al final de cada tubería portagotero es prácticamente proporcional a la diferencia de altura. En todos los sectores del cultivos de sandía, los caudales en cada tubería son los mismos y como en los siguientes sectores (B, C, y D) la longitud recorrida todavía es menor que en el sector A las pérdidas van a ser aún más despreciables, por tanto, la presión al final de cada tubería portagotero será igual a la diferencia de altura.

8.3.8 TUBERÍAS DE PORTAGOTEROS EN EL CULTIVO DE TOMATE

Para el cultivo de tomate se ha tomado en cuenta la elevación del tanque, la presión más alejada de la planta, este punto se localiza en el sector H. En todas las tuberías portagoteros fluye un mismo caudal, tienen un mismo diámetro y la misma longitud, por tanto las pérdidas también son iguales.

En la tabla No.27 se muestra las tuberías de los portagoteros del cultivo de tomate.

Sectores	Sector E	Sector F	Sector G
Longitud/Diámetro de la tubería secundaria (m)	54 / 0.042	74 / 0.042	95 / 0.042
Caudal en la tubería secundaria	0.0014	0.0014	0.0014
Pérdidas en la tubería secundaria	1.4	1.92	2.47
Pérdida total (perdida en tubería secundaria + perdida en las demás tuberías)	2.06	2.58	3.13
Presión (5.5 m – Pérdida total)	3.44	2.92	2.37

TABLA 27. PRESIÓN AL FINAL DE CADA TUBERÍA PORTAGOTEROS DE LOS SECTORES E, F Y G.

Fuente: Propia

A diferencia de los sectores de sandía la presión en cada sector de tomate es diferente.

En la siguiente tabla No.28 se muestra la presión que se medirá en cada portagoteros de cada sector del cultivo de tomate.

Sector	Presión
A	5.5
B	5.5
C	5.5
D	5.5
E	3.44
F	2.92
G	2.37
H	2

TABLA 28. PRESIÓN DE LAS TUBERÍAS DE LOS DIFERENTES SECTORES DE AMBOS CULTIVOS.

Fuente: Propia

Sistema de filtrado: Este se empleara con un filtro de malla que estará en la entrada de tanque para evitar que partículas o desecho en el agua no obstruyan en las tuberías y en la salida de los portagotos.

Válvulas: Se implementara una válvula en la salida del tanque por cualquier inconveniente que halla en las tuberías, el riego no se podrá detener aunque tenga problemas con los elementos de control, por esto, se ha implementado el uso de electroválvulas manuales.

Dispositivo de fertilizantes: las tres manzanas de cultivo que se han tomado para el sistema de riego se dividirán en ochos sectores, se manipulara un conector por cada sector, lo cual serán ocho conectores que serán instalados en las tuberías secundaria para la aplicación.

8.4 SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PLC.

La automatización es un sistema donde se trasfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos; este sistema automatizado consta de dos partes principales:

- **Operativa**

Es la parte que actúa directamente sobre la máquina; son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que conforman la parte operativa son los **accionadores** de las máquinas: motores, cilindros y compresores, además de los **captadores** como fotodiodos y transductores.

- **Mando**

En un sistema de fabricación automatizado, el autómeta programable está en el centro del sistema, este debe ser capaz de comunicarse con todos los elementos que lo constituyen.

Objetivos de la automatización

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos pesados e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, logrando proveer de las cantidades necesarias en el momento preciso.

Sistema de automatización utilizado en el sistema de riego por goteo.

PLC: Es un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), se trata de una computadora, utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de las fábricas en líneas de montaje o atracciones mecánicas; sin embargo, la definición más precisa de estos dispositivos es la dada por la NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) que dice que un PLC es:

“Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos”.

El campo de aplicación de los PLCs es muy diverso e incluye diferentes tipos de industrias (ej. automoción, aeroespacial, construcción, etc.), así como de maquinaria. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, amplios rangos de temperatura, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen

almacenar en baterías copia de seguridad o en memorias no volátiles. Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real duro donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, que de lo contrario no producirá el resultado deseado.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen, se pueden mencionar las siguientes:

1. Es posible realizar operaciones en tiempo real, debido a su disminuido tiempo de reacción.
2. Son dispositivos que se adaptan fácilmente a nuevas tareas debido a su flexibilidad a la hora de programarlos, reduciendo así los costos adicionales a la hora de elaborar proyectos.
3. Permiten también una comunicación inmediata con otro tipo de controladores y ordenadores e incluso, realizar las operaciones en red.

8.5 COSTOS DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO Y ALIMENTADO CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Generalidades

Para llevar a cabo este proyecto se debe tomar en cuenta con la posibilidad económica del mismo. Para confirmar si un proyecto es factible, es necesario conocer los costos de instalación.

En esta parte se presentara la relación de costos de la instalación de todos los equipos relacionados con el sistema de riego. El propósito de este estudio es obtener los datos, sobre los costos del proyecto que puedan ser utilizados en el futuro para realizar la programación y la proyección de dicho proyecto.

Una de las principales problemática es cómo obtener el capital para financiar el proyecto para la implementación.

En la actualidad el gobierno actual ha impulsado una institución gubernamental denominado Banco Produzcamos (BP) la sede central está ubicada en Plaza el Sol (Managua), el cual cuenta con planes diferentes de financiamiento para promover el desarrollo del sector agrícola.

También existen organismos privadas reconocidas en el país tales como BANPRO, FINDESA, PRO-CREDIT, etc., que ofrecen diferentes planes de créditos para favorecer al sector agrícola.

8.5.1 COSTO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DISEÑADO.

Anteriormente se mencionó unos componentes que conforman el sistema diseñado. A continuación en la tabla No.29, se presenta la cotización de cada uno de los componentes necesarios para el sistema diseñado. (Ver Anexo F Formato) proforma.

Cantidad	Descripción	Precio Unidad (\$)	importe (\$)	Fuente
3	Módulos solares 280W 31.2VDC PEIMAR	200.00	600.00	SUNISOLAR
1	Módulos solares 100W 12VDC JULA	115.00	115.00	TECNOSOL
1	Bomba sumergible PS2-600 C- SJ5-8 centrifuga	2,000.00	2,000.00	
1	Control Remoto para bomba	254.00	254.00	SUNISOLAR
1	kit de Instalación módulos solares	350.00	350.00	SUNISOLAR
1	kit de Instalación modulo solar	600.00	600.00	TECNOSOL
1	instalación	600.00	600.00	SUNISOLAR

Seminario de Graduación

7	Batería de ciclo profundo 105AH 12v	178.00	1256.00	TECNOSOL
1	inversor de poder 300W Seno puro 12VDC	145.00	145.00	TECNOSOL
1	Sistema eléctrico de conexión	50.00	50.00	TECNOSOL
1	instalación	600.00	600.00	TECNOSOL
1	paro de emergencia en caja pulsar-girar	80.43	80.43	SINSA
1	contactor siemens 17a 120v	40.00	40.00	SINSA
1	relé térmico (disyuntor) 14-20a p/contactor	46.78	46.78	SINSA
1	cable dúplex calibre 2x12 x 1m	1.24	1.24	SINSA
1	cable dúplex calibre 2x14 x 1m	0.76	0.76	SINSA
2	lámparas ahorrativa 20w dl e27	3.87	7.73	SINSA
2	interruptores 10a/125v	2.08	4.16	SINSA
8	Fusibles	0.44	3.56	
1	plc logo!230rc	160.00	160.00	SIEMENS
1	cable para logo	140.00	140.00	SIEMENS
1	Módulo expansión plc	110.00	110.00	SIEMENS
1	caja para plc le grand 400x400x200mm	110.00	110.00	
1	Mano de obra por instalación	720.00	720.00	TECNOSOL
1	Transporte de material	175.00	175.00	TECNOSOL
1	Tanque de almacenamiento de agua	2,014.24	2,014.24	CASA DEL TANQUE
Total \$ 10,183.9				

Tabla 29. Cotización del sistema

Fuente: varios

La suma de todo lo que tiene que ver con los costos generales del sistema es de aproximadamente \$10,183.9. En las tres etapas que son sistema de riego, sistema de automatización, alimentación fotovoltaico ya que el proceso de inversión de las

tuberías se va ser por medio de la optimización de recursos ya que se encuentran en buen estado.

A esta suma se le debe agregar el costo de la planta de tomate y la semilla de la sandía, los diferentes tipos de fungicidas, foliares, fertilizantes y preparación del terreno para acondicionar la siembra de las plantas. Se tomara en cuenta que el tipo de planta, tomada como objeto de este estudio, para el caso del tomate es UC-82B y el de la sandía es miquli.

En la tabla No.30, se puede apreciar que para sembrar el tomate se debe comprar la planta para luego ser trasplantada al terreno que se ha establecido la siembra, no por semilla como en el caso de la sandía.

Cantidad	Descripción	Precio Unidad (\$)	importe (\$)
1	Arado 1 x Mz	20.18	20.18
2	Pases grada	15.70	31.39
20	Mureo (camellones) y mangueras, 4 obreros x 5 días	2.69	52.7
10880	plantas de tomate	0.06	634.26
10	Trasplante de planta 10 obreros x día	3.14	31.39
1554	(estacas), 7 plantas por estaca	0.10	155.4
21	Instalación de tutores, 7 obrero x 3 días	2.69	56.49
10	amarre 2 obrero en 5 días	2.69	26.60

Seminario de Graduación

11	Rollos de mecate	10.35	113.85
3	Bolsas de fosforo	60.00	180.00
51	Kg de nitrato de potasio	2.00	102.0
62	Kg Nitrato de amonio	0.50	31.00
110	Kg 18460	0.70	77.00
62	Kg Muriato de potasio	0.64	39.76
3.5	Kg de Tetracanil	6.28	21.97
3	Bolsas de Prorcleing contra larva	17.94	53.81
1	litro de aplicación de Fayton	35.87	35.87
3	Aplicación, plural y muralla de confidor, contra mosca blanca	14.95	44.84
1	Litro de Meiser 007	22.42	22.42
2	Litros de cloro talonil	8.97	17.94
1	foliares florecente	22.42	22.42
			Total: \$1,100.00

TABLA 30. GASTOS DE SIEMBRA DEL TOMATE.

Fuente: Propia

Gastos de siembra de la sandia

Cantidad	Descripción	Precio Unidad (\$)	importe (\$)
2	Arado 1 x 2 Manzana	20.18	40.36
4	Pases grada 2 x Manzana	15.70	62.78

Seminario de Graduación

2	libras de semilla de sandia	40.00	80.00
6	Siembra de semilla 3 obreros x 2 días	31.39	188.34
2	Quintales de Urea	25.00	50.00
4	Quintales de triple 15	29.68	118.72
91	Kg Muriato de potasio	1.00	91
2	Sobres de confidor	20.0	40.0
2	Frasco de 100CC Vortimox	15.5	31
4	litros Baytolon	10	40
			Total: \$742.20

TABLA 31. GASTOS DE SIEMBRA DE SANDÍA.

Fuente: Propia

Mario Irigoyen, productor de hortalizas, explica que para que la planta de tomate es necesario que se desarrolle correctamente el cultivo, se debe pasar en un determinado proceso de encuba miento para que su crecimiento sea recomendable.

El costo para la siembra del cultivo de tomate es de \$1,100 y el de la sandía es de \$742.20, sumando estos montos con el del dimensionamiento del sistema, tenemos que el presupuesto total del proyecto es de \$10,183.9 La mano de obra ya viene incluida el gasto general del proyecto incluyendo las tres manzanas de cultivo, mantenimiento \$1200 y vigilancia \$ 900 es de 14,125.9\$.

8.5.2 COSTO DE CONTROL DE CALIDAD Y MANTENIMIENTO

Las actividades de trabajo y mantenimiento de todo sistema son necesarios para asegurar un buen funcionamiento y extender la vida útil del proyecto. Una vez que el proyecto ha sido aprobado, su aceptación definitiva, es necesario elaborar un plan de resguardo, plan de mantenimiento.

Seminario de Graduación

El plan de resguardo se realiza para revisar que los valores tácticos de la instalación sean los adecuados, refiriéndose también a la limpieza de los módulos.

El mantenimiento preventivo debe ser realizado por un personal técnico que conozca sobre la instalación fotovoltaica, inspección permitiendo mantener dentro de los márgenes y el funcionamiento. Aquí se incluyen actividades como comprobación de las protecciones eléctricas, estado de los módulos y estado del inversor.

Cargo	Costo \$ por mes	Costo \$ por año
Vigilante	75.00	900
Ing. Electrónico / especialista	100.00	1200
TOTAL: \$2100.00		

TABLA 32. COSTO DE PERSONAL DE MANTENIMIENTO Y VIGILANCIA.

Fuente: Propia

8.5.3 RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN

La recuperación depende totalmente de la venta de la cosecha que resulta del cultivo al mercado local. Se asumió sembrar 10,880 plantas de tomates en dos manzanas de tierra, y un total de 2,904 plantas de sandía en una manzana.

En el caso del tomate, la venta de este cultivo se hace por cajillas de 45 a 50 libras, el potencial genético del tomate en cada temporada es de aproximadamente 10 toneladas por manzana, equivalente a 22,000 libras, en total se obtienen 500 cajillas de tomate en cada temporada, como al año se producen dos temporadas de tomate, de modo que resultarán 1000 cajillas de tomate por año.

El precio de la cajilla de tomate no es estable varía según la estación del año en la que se produce la temporada, en verano (noviembre-abril) el precio mínimo de la cajilla es de \$5, si en esa temporada se producen 500 cajillas la producción es de \$2500, y en invierno (mayo-octubre) el precio mínimo de la cajilla es de \$11, la

producción en la temporada será entonces de \$5,500. Al sumar la producción de las dos temporadas, tenemos una producción anual de \$8,000.

La venta de la sandía se hace por unidad o por docenas, si su potencial de producción es por manzana si cada manzana produce 60 docenas, en dos manzanas será de 120 docenas, en dos manzanas se cosecharan aproximadamente 1,400 sandías, anualmente la producción de sandía será de 2,880 unidades.

El precio aproximado de la sandía es \$1.50, si la cosecha anual de sandía es de 2,800 unidades, anualmente se producirá \$4,320.

Sumando las cantidades de ambos ingresos anuales por cada cultivo tenemos que el ingreso total por año es de \$12,320.

Al siguiente año se deben invertir nuevamente en los gastos de siembra de tomate y de sandía, los cuales se muestran en las tablas No 30. Y No.31, los cuales suman \$1100 tomate la cual suma es la primera temporada y se suma una segunda temporada de \$ 1100 dando una suma de \$ 2200, \$ 742 de sandía de la primera temporada y se sumando una segunda temporada de \$742 sumando las dos temporadas da \$1484 y el costo de operación y mantenimiento tiene un valor anual de \$2,100. lo gasto de los cultivos, vigilante y mantenimiento al sistema es de 5784 anual.

La ganancia del primer año es de 6,536 este monto se suma con la ganancia del año siguiente que espera que sea igual que el primer año, dando como resultado \$13,072 en los dos años, se espera en un tercer una ganancia e igual que los años anteriores dando un resultado de los tres años de 19,608\$.

La recuperación de la inversión se logra en el tercer año ya que el ingreso generado en ese tiempo sobrepasa la inversión del proyecto, generando una ganancia de \$5482.1.

8.5.4 EVALUACIÓN

Basándonos en el ingreso anual que se genera al año, en teoría podemos afirmar que la inversión es fiable, ya que en dos años a más tardar se recupera la inversión, pero existe un método práctico que determina si la inversión resultara fiable o no, el cual consiste en el cálculo del valor actual neto (VAN).

Para realizar una inversión se necesita tener en cuenta factores importantes que ayuden a tomar una decisión acertada para invertir en el proyecto, entre las cuales están:

- Seleccionar la mejor opción: consiste en seleccionar la alternativa más viable entre todas las posibilidades existentes.
- Flujos de efectivo que genere el proyecto: deben tomarse en cuenta los flujos positivos o ganancias, y los flujos negativos o pérdidas.

8.5.5 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Su significado se basa en traer del futuro al presente cantidades monetarias a su valor equivalente. En términos formales de evaluación económica, cuando se trasladan cantidades del presente al futuro, se dice que se utiliza una tasa de interés, pero cuando se trasladan cantidades del futuro al presente, se utiliza una tasa de descuento, por lo cual a los flujos de efectivo ya trasladados al presente se les llama flujos descontados.

Para calcular el VAN se trasladó los flujos de los años futuros al presente y se resta la inversión inicial, que ya está en tiempo presente, los flujos se descuentan a una tasa que corresponde a la TIR.

El cálculo del VAN se define como:

$$VAN = -P + \frac{FNE1}{(1+i)} + \frac{FNE2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad \text{Ec. 8.44.}$$

Dónde:

- FNE_n: Flujo neto de efectivo del año n, que corresponde a la ganancia neta después de impuestos en el año n.
- P: Inversión inicial en el año cero.
- i: tasa de referencia correspondiente a la TIR.

Si bien es cierto que la inversión se recupera en tres años el valor de n para el flujo neto de efectivo será de 4 como mínimo debido a que en el primer año todavía no se recupera la inversión, se usara una tasa de referencia $i = 12\%$, y la inversión ya calculada en el año cero es de \$14,125.9 el valor actual neto será de:

$$VAN = -14,125.9 + \frac{6536}{(1+0.12)} + \frac{6536}{(1+0.12)^2} + \frac{6536}{(1+0.12)^3} + \frac{6536}{(1+0.12)^4} = 5,726$$

El proyecto es viable si y solo si el resultado del VAN es mayor a cero, por lo tanto se debería aceptar la inversión. En este caso los \$5,726 significan la ganancia extra obtenida en un periodo de 3 años después de haber recuperado los \$14,125.9 que se invirtieron en el proyecto.

Con este resultado podemos definir que el VAN es la ganancia o pérdida en términos del valor del dinero en este momento (tiempo presente), después de haber recuperado la inversión inicial a una tasa igual a la TIR.

Cabe destacar que el valor del VAN depende condicionalmente de la TIR, debido a que es un valor establecido por el inversionista para hacer la inversión. Tanto en los flujos netos de efectivo como la TIR se calculan con base en las expectativas de inflación que se cree que sucederán en esos años.

A continuación se realizaran dos cálculos más del VAN cambiando únicamente el valor de la TIR con el fin de estudiar el comportamiento que adquiere VAN.

Valor del VAN para TIR = 30%

$$VAN = -14,125.9 + \frac{6536}{(1+0.30)} + \frac{6536}{(1+0.30)^2} + \frac{6536}{(1+0.30)^3} + \frac{6536}{(1+0.30)^4} = 32.44$$

Al disminuir el valor de la tasa de referencia al 30% se entiende que el inversionista baja las exigencias de rendimiento y del proyecto, lo cual hace que el valor obtenido de la ganancia se torne aún más atractivo para el inversionista.

Valor del VAN para TIR = 40%

$$VAN = -14,125.9 + \frac{6536}{(1+0.4)} + \frac{6536}{(1+0.4)^2} + \frac{6536}{(1+0.4)^3} + \frac{6536}{(1+0.4)^4} = 2039.6$$

En este último caso, el inversionista pide que su inversión tenga mayor rendimiento y para eso fija un valor de 40% para la TIR según las expectativas inflacionarias, el valor del VAN es un número negativo, lo cual quiere decir que es menor que cero. El signo menos representa las pérdidas en la inversión, razón por la cual no debería aceptarse la inversión si la TIR se impone al 40%.

A medida que disminuimos la TIR las ganancias son aún mayores. En base a este comportamiento, el valor de la TIR debe ser de 30% o menor para obtener ganancias en la inversión.

IX. CONCLUSIONES

- ✓ Se realizó un diagnóstico en la finca para verificar la factibilidad del sistema de riego mediante energía fotovoltaica.
- ✓ En la entrevista realizada al dueño y empleadores de la finca se pudo contactar que en la actualidad el sistema de riego no es tan productivo para la calidad de los cultivos, por lo cual, el sistema de riego que se pretende diseñar ayudara a mejorar la calidad y factibilidad de la finca y cultivos.
- ✓ La rentabilidad del sistema de riego por goteo alimentado con energía fotovoltaico en la finca se considera óptima y oportuna para mejorar la eficiencia y productividad en los cultivos establecidos.
- ✓ La propuesta del diseño del sistema de riego por goteo automatizado se considera viable en cuanto a:
 - 1) No habrá consumo de combustible, eso implica menos daño al medio ambiente.
 - 2) Se aprovechara los recursos naturales, ya que la etapa de bombeo proviene directamente del lago Cocibolca y la fuente de energía será tomada directamente de la radiación solar.

X. RECOMENDACIONES

Brindar información adecuada a los dueños de terreno y finca acerca de las nuevas opciones de energía renovable para proveer energía a un sistema automatizado de riego moderno, que sea capaz de aprovechar al máximo el uso de agua para el riego de los diferentes cultivos que se deseen sembrar.

Realizar encuentros con propietarios y trabajadores de fincas, a fin de garantizar un correcto uso de los diferentes equipos empleados en este diseño, para que sus funciones lo hagan de manera correcta, y evitar daños en los equipos debido a la falta de experiencia de los empleados.

Analizar los requerimientos agro-climáticos de las plantas que se desea sembrar en estas hectáreas.

Evitar adquirir componentes de bajo costo como sustitutos a los que se proponen en el proyecto, considerando que podrán realizar la misma tarea, pero su periodo de trabajo y tiempo pueden ser a penas una pequeña parte del que tienen los componentes propuestos.

Cuidar adecuadamente los componentes que presenten mayor costo así como las electroválvulas, el gabinete de almacenamiento de PLC's, contactores, relees térmicos, inversor, control de carga, baterías, paneles solares, para evitar daños y robo.

Exponer los diferentes planes de financiamiento que ofrecen las financieras para la implementación de los diferentes proyectos tecnológicos y que garanticen una buena producción del cultivo.

XI. BIBLIOGRAFIA

- Silvio,abelson,ramiro (2011).Monografía.
- Vallejo D. (2010). Conceptos de Programación de PLC's. Saber Electrónica. México: Editorial Televisa Internacional.
- Lara F. (2007). Diseño de un Sistema de riego por medio de Energía Solar, a través de Paneles FV. Trabajo para optar el título de: Ingeniero Mecánico. Universidad Austral de Chile. Chile.
- Doorenbos, J. (1972). Necesidades de Agua de los Cultivos.

- Gasquet L.(2004). Conversión de la Luz Solar en Energía Eléctrica. México: Solartronics, S.A. de C.V.

Sitios Webs Visitados:

- (2010, 28 de agosto). Logic module LOGO!. obtenido de:
<http://WWW.SIEMENS.COM/logo>
- (2010, 27 de septiembre). Radiación solar. Obtenido de:
<http://duinimako.ideam.gov.co/files/atlas/radiacion.html>
- (2010, 27 de septiembre). Paneles Solares. Obtenido de:
http://www.inelsacontrols.com/modulos_fotovoltaicos.html

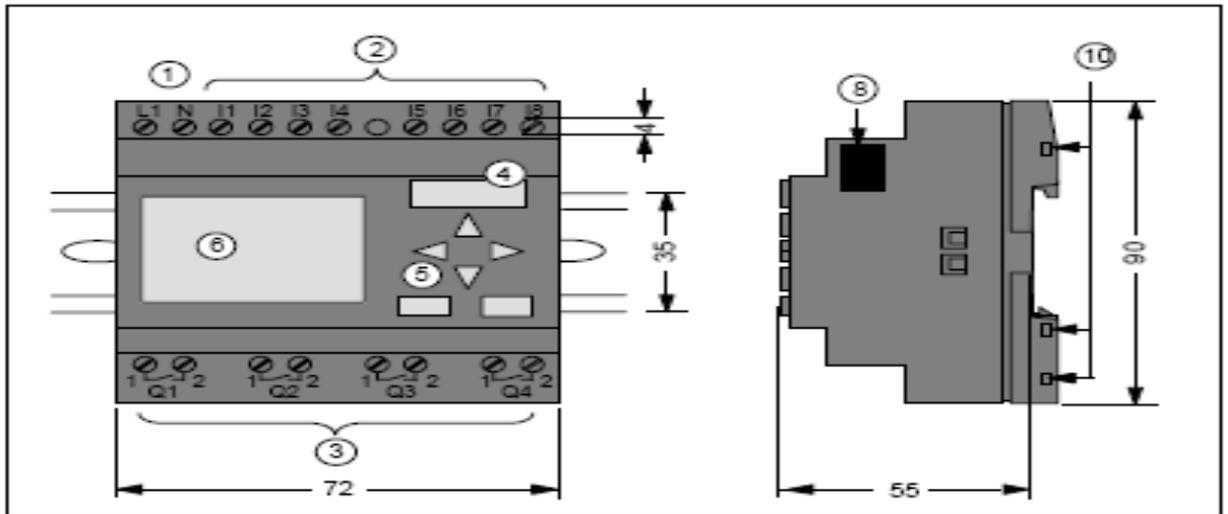
XII. ANEXOS

ANEXO A: Resumen meteorológico anual

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES														
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA														
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL														
Departamento:	RIVAS /							Código:	69070					
Departamento:	RIVAS							Municipio:	ALTAGRACIA					
latitud	11°30'00'							longitud	85°50'00"					
Años:	2015-2017							Elevación:	70 msnm					
Parámetro:	Temperatura Máxima Media (C°)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media	
2015	30.7	31.3	32.3	33.4	33.5	32.3	31.4	32.7	32.3	32.0	31.4	31.0	32.0	
2016	31.2	32.0	33.2	34.6	32.7	31.0	30.6	31.6	31.3	30.4	30.2	29.9	31.6	
2017	30.0	31.6	32.1	33.5	31.8	31.2	30.4	31.2	31.4	30.2	30.4	30.0	31.2	
viento (ms)														
2015	6	6	6	5	6	5	5	5	4	3	4	5	4.9	
2016	5	6	5	5	4	3	4	3	3	2	3	4	3.9	
2017	4	4	5	3	1	2	3	2	1	3	3	5	3.1	
humedad relativa (%)														
2015	74	73	70	71	74	82	82	79	81	84	82	81	77.6	
2016	77	69	69	70	79	86	85	83	85	88	81	83	79.5	
2017	78	71	70	72	83	85	86	85	86	87	81	79	80.1	
nubosidad														
2015	2	1	1	2	2	4	4	4	4	4	3	2	3	
2016	2	2	2	2	3	5	4	5	4	4	3	4	3	
2017	2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	3	3	4	

Fuente: instituto Nacional de estudios territoriales (INITER).

ANEXO B: Estructura del logo! 230 RC



FUENTE: SIEMENS.

- | | | |
|--|-------------------------------------|---|
| ① Alimentación de tensión | ⑤ Panel de manejo
(no en RCo) | ⑧ Interfaz de ampliación |
| ② Entradas | ⑥ Pantalla LCD
(no en RCo) | ⑨ Codificación mecánica
– pernos |
| ③ Salidas | ⑦ Indicación del estado
RUN/STOP | ⑩ Codificación mecánica
– conectores |
| ④ Receptáculo de módulo
con revestimiento | | ⑪ Guía deslizante |

ANEXO C: Instalaciones de bombeo solar



Fuente: <http://www.eraingenieria.com>

ANEXO D: Imágenes de riego por goteo



Fuente: (Google)



Fuente: <http://www.ciudadica.olx.com.pe>

Anexo E. Entrevista

Soy estudiante de la carrera de ingeniería electrónica de la universidad autónoma de Nicaragua UNAN-MANAGUA, actualmente estoy realizando mi trabajo de **seminario de graduación** para optar al título de ingeniero electrónico, por tanto solicito su apoyo para realizar la siguiente entrevista, con el objetivo de obtener información sobre el sistema de riego que actualmente se utiliza en la finca.

Entrevista Al administrador de la finca san Antonio

1. Nombre: Néstor rosales. Cargo: Administrador

2. Entrevistador principal

Nombre: Ernesto Álvarez.

Estudiante de Ing. electrónica

3. Desarrollo de la entrevista.

Objetivos: Obtener información sobre el riego que tienen actual en la finca.

Preguntas:

1. ¿Qué tipo de riego se utiliza actualmente en la finca?
2. ¿Es eficaz el tipo de riego utilizado actualmente para los cultivos?
3. ¿Qué tipo de tuberías se utilizan?
4. ¿Cómo es aplicado el riego en los cultivos, es ordenado? ¿Por qué?
5. ¿Qué tipo de mantenimiento se le da al motor de la bomba, utilizado en el sistema de riego?
6. ¿Qué capacidad ofrece el motor utilizado en el sistema de riego?
7. ¿Cuál es el nivel de vida útil que generalmente ofrecen las tuberías?

8. ¿Cuáles son los beneficios que se obtienen del riego en los cultivos?
9. ¿Cuál es el consumo de combustible por hora (día)?
10. ¿Cuáles son los tipos de cultivos que produce la finca actualmente?
11. ¿La fuente de agua que se utiliza para el riego es proveniente de pozo, vertiente, río o lago?
12. ¿Qué Actividad agrícola predomina en la finca? ¿Porque?
13. ¿Desde su punto de vista, qué opinión podría brindar sobre un sistema de riego Automatizado Alimentado con energía solar en lugar de combustible?
14. ¿Cree usted que el sistema de riego antes mencionado traería algún beneficio para los cultivos de la finca y sus trabajadores?
15. ¿Estaría interesado en utilizar este sistema de riego en los cultivos de su finca? ¿Por qué?



SILVA INTERNACIONAL S.A

Cotizacion

TEL:22770070 - Email: periodista@sinsa.com.ni - Fax: 22770070
 Direccion :MANAGUA - ROTONDA EL PERIODISTA 100mts ESTE
 DGI:AFC-DGC-SCC-027-12-2009 RUC:J0310000001812

Documento : 153151 Tienda: 23.SINSA CERAMICA ROTONDA EL PERIODISTA Fecha : 2018-10-30
 Vendedor : 388 Nombre : JIMMY ALEXANDER PONCE TORUÑO
 Cliente : ERNESTO Telefono : 132 O/C :
 Direccion:
 Moneda : C\$ Cotizacion De: CONTADO Carnet : Dias de Validez : 14

LINEA	CODIGO	No PARTE	ARTICULO	U/M	CANT.	PREC. UNIT.	TOTAL
001	2025048000	3RT20181AP01	CONTACTOR SIEMENS 3RT2018 17A 230V SOO SIRIUS/INN	UNIDAD	1.00	1,182.80	1,182.80
002	2025052000	LC1D18FE7	CONTACTOR 18A 120 VAC TELEMECANIC LC1D18G7	UNIDAD	1.00	1,752.30	1,752.30
003	2030108500	3RV20214BA10	GUARDAMOTOR SIEMENS S0 14-20A SIRIUS INNOV.	UNIDAD	1.00	3,047.38	3,047.38
004	2040104500	LRD22	RELE TERMICO 17-25A P/CONTAC. D09-D38 LRD22	UNIDAD	1.00	1,566.78	1,566.78
005	0220001000	SPT 2X12	CABLE DUPLEX 2X12 SPT UL BLANCO	MTS	1.00	32.96	32.96
006	0220002000	SPT 2X14	CABLE DUPLEX 2X14 SPT UL BLANCO	MTS	1.00	21.17	21.17
007	1015221100	P48557-33	COMP. FLUOR EU 20W E27 6500K T3 SYL	UNIDAD	2.00	80.80	161.60
008	1820260000	AE2100EB	INTERRUPTOR SENCILLO 15A 127V BCO MODUS STYLE	UNIDAD	2.00	73.01	146.02
009	2055002600	NSYCRN64250P	GABINETE HIMEI MET. 600X400X250MM IP66	UNIDAD	1.00	4,413.20	4,413.20

Sub-Total C\$: 12,324.21
 Impuesto C\$: 1,824.39
 Total C\$: 14,148.60
 Equiv. en US\$: 436.01
 Factor de Cambio : 32.45

Usuario : jmponce 2018-10-30 11:02:51 Firma del Vendedor: _____ Page 1/1

Nota : No se aceptan cambios una vez aprobada la oferta, que fue hecha con base a datos suministrados. Los precios estan sujetos a cambio sin previo aviso.
 SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES, ESTAMOS EXENTOS DE 1% DGI Y 1% ALMA.

SERVICIOS SINSA **SERVICIOS DE INSTALACION** **RENTA DE EQUIPOS** **TALLER DE SERVICIOS**

centro.servicios@sinsa.com.ni * renta.equipo@sinsa.com.ni

FUENTE: SINSA

TECNOSOL							Oferta de ventas		
SUCURSAL DE CASA MATRIZ							No. 15556		
RUC No: J0310000012806							Fecha:		
Dirección: Rotonda Bello Horizonte 420mts al este Managua							28/Febrero/2011:14:47		
Teléfonos:PBX. 505-22515152 Fax.: (505) 22499871									
E-mail: info@tecnosolsa.com.n Website: http://www.tecnosolsa.com.ni									
Cliente: CN-99901		ERNESTO ALVAREZ			Dirección: MANAGUA				
Contacto:					Teléfono: NICARAGUA				
Validez de la oferta:		15 DIAS			Plazo de entrega:		Fax:		
Condición de pago:		Contado			Vendedor: Francisco Jose Martinez Meneses				
E-mail:									
Id Producto	Descripción	Unid	Cantidad	Precio Unitario	Descuento	Sub-Total	Impuesto	Total Final	
01-01-0019	MODULO SOLAR TECNOSOL 100W-12V REGULADOR SACO	UNIDAD	1	95.00	0.00	95.00	0.00	95.00	
02-02-0061	PWM 10A 12V/24V 04-FR-19129 INVERSOR AIMS	UNIDAD	1	25.00	0.00	25.00	3.75	28.75	
07-01-0067	12V-600W PICOGLF6W12V120VET L	UNIDAD	1	640.00	0.00	640.00	96.00	736.00	
02-01-0100	BATERIA ABIERTA SUNPOWER 105AH 12V CICLO PROFUNDO SPG27	UNIDAD	1	150.00	0.00	150.00	0.00	150.00	
06-08-0124	KIT BASICO	UNIDAD	1	12.38	0.00	12.38	1.86	14.24	

Fecha: 28/Febrero/2011 14:47

Autor: Francisco Jose Martinez Meneses

Impreso por SAP Business One

Página: 1 / 2

TECNOSOL							Oferta de ventas		
SUCURSAL DE CASA MATRIZ							No. 15556		
RUC No: J0310000012806							Fecha:		
Dirección: Rotonda Bello Horizonte 420mts al este Managua							28/Febrero/2011 14:47		
Teléfonos: PBX. 505-22515152 Fax.: (505) 22499871									
E-mail: info@tecnosolsa.com.n Website: http://www.tecnosolsa.com.ni									
Cliente: CN-99901 ERNESTO ALVAREZ			Dirección: MANAGUA						
Contacto:			Teléfono: NICARAGUA						
Validez de la oferta: 15 DIAS			Plazo de entrega:			Fax:			
Condición de pago: Contado			Vendedor: Francisco Jose Martinez Meneses						
E-mail:									
Id Producto	Descripción	Unid	Cantidad	Precio Unitario	Descuento	Sub-Total	Impuesto	Total Final	
06-08-0126	KIT P/ESTRUCTURA DE UN PANEL SOLAR	UNIDAD	1	7.30	0.00	7.30	1.09	8.39	
						Sub-Total:	U\$ 929.68		
						Descuento 1:	U\$ 0.00		
						Descuento 2:	U\$ 0.00		
						Total Impuesto:	U\$ 102.70		
						Otros Gastos:	U\$ 0.00		
						Total General:	U\$ 1,032.38		
						TACAM:	33.5500		
						Equivalente:	C\$ 34,636.42		
Valor en letras:		Treinta y cuatro mil seiscientos treinta y seis Córdobas con Cuarenta y dos Centavos							
Nota:									
Pasado del tiempo de su validez de la oferta de venta, deberá consultar con su vendedor los posibles cambios en los precios y equipos en existencia.									
Los precios de esta oferta de ventas están expresados en dólares americanos. Si el pago se realiza en moneda local (Córdobas) pagarse en base al tipo de cambio paralelo del Banco LAFISE BANCENTRO, del día en que se recibe el pago.									
Elaborar cheque Certificado a nombre de TECNOSOLUCION, S.A.									
Cotizado por: Firma y sello				Aceptado por: Firma y sello					

Fecha: 28/Febrero/2011 14:47

Autor: Francisco Jose Martinez Meneses

Impreso por SAP Business One

Página: 2 / 2

Fuente: Tecnosol

TECNOSOL SUCURSAL DE CASA MATRIZ RUC No: J0310000012806 Dirección: Rotonda Bello Horizonte 420mts al este Managua Teléfonos: PBX. 505-22515152 Fax.: (505) 22499871 E-mail: info@tecnosolsa.com.ni Website: http://www.tecnosolsa.com.ni		Oferta de ventas No. 16158 Fecha: 30/Abril/2019 17:00																																											
Cliente: CN-99901 ERNESTO Dirección: MANAGUA Contacto: Validez de la oferta: 15 DIAS Teléfono: NICARAGUA Condición de pago: Contado Plazo de entrega: Fax: Vendedor: Francisco Jose Martinez Meneses E-mail:																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Id Producto</th> <th>Descripción</th> <th>Unid</th> <th>Cantidad</th> <th>Precio Unitario</th> <th>Descuento</th> <th>Sub-Total</th> <th>Impuesto</th> <th>Total Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>01-01-0192</td> <td>MODULO SOLAR PEIMAR 280W-31.2V SG280P</td> <td>UNIDAD</td> <td>3</td> <td>200.00</td> <td></td> <td>600.00</td> <td>0.00</td> <td>600.00</td> </tr> <tr> <td>02-01-0100</td> <td>BATERIA ABIERTA SUNPOWER 105AH 12V CICLO PROFUNDO SPG27</td> <td>UNIDAD</td> <td>1</td> <td>178.00</td> <td>0.00</td> <td>178.00</td> <td>0.00</td> <td>178.00</td> </tr> </tbody> </table>	Id Producto	Descripción	Unid	Cantidad	Precio Unitario	Descuento	Sub-Total	Impuesto	Total Final	01-01-0192	MODULO SOLAR PEIMAR 280W-31.2V SG280P	UNIDAD	3	200.00		600.00	0.00	600.00	02-01-0100	BATERIA ABIERTA SUNPOWER 105AH 12V CICLO PROFUNDO SPG27	UNIDAD	1	178.00	0.00	178.00	0.00	178.00	<table border="1"> <tr> <td>Sub-Total:</td> <td>US</td> </tr> <tr> <td>Descuento 1:</td> <td>US\$ 44.00</td> </tr> <tr> <td>Descuento 2:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total Impuesto:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Otros Gastos:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total General:</td> <td>US\$ 354.00</td> </tr> <tr> <td>TACAM:</td> <td>33.5500</td> </tr> <tr> <td>Equivalente:</td> <td>C\$</td> </tr> </table>		Sub-Total:	US	Descuento 1:	US\$ 44.00	Descuento 2:		Total Impuesto:		Otros Gastos:		Total General:	US\$ 354.00	TACAM:	33.5500	Equivalente:	C\$
Id Producto	Descripción	Unid	Cantidad	Precio Unitario	Descuento	Sub-Total	Impuesto	Total Final																																					
01-01-0192	MODULO SOLAR PEIMAR 280W-31.2V SG280P	UNIDAD	3	200.00		600.00	0.00	600.00																																					
02-01-0100	BATERIA ABIERTA SUNPOWER 105AH 12V CICLO PROFUNDO SPG27	UNIDAD	1	178.00	0.00	178.00	0.00	178.00																																					
Sub-Total:	US																																												
Descuento 1:	US\$ 44.00																																												
Descuento 2:																																													
Total Impuesto:																																													
Otros Gastos:																																													
Total General:	US\$ 354.00																																												
TACAM:	33.5500																																												
Equivalente:	C\$																																												
Valor en letras: Once mil ochocientos setenta y seis Córdobas con Setenta Centavos																																													
Nota: Pasado del tiempo de su validez de la oferta de venta, deberá consultar con su vendedor los posibles cambios en los precios y equipos en existencia. Los precios de esta oferta de ventas están expresados en dólares americanos. Si el pago se realiza en moneda local (Córdobas) pagarse en base al tipo de cambio paralelo del Banco LAFISE BANCENTRO, del día en que se recibe el pago. Elaborar cheque Certificado a nombre de TECNOSOLUCION, S.A.																																													
_____ Cotizado por:	_____ Aceptado por:																																												

Fuente: Tecnosol