

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA

UNAN-MANAGUA

RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA

**TRABAJO SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**



TEMA

**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERCIÓN PROGRAMADO UTILIZANDO
ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN LA FINCA PALACIOS UBICADA EN EL
VALLE LA CRUZ-JINOTEGA.**

Autores:

BRS: KEVIN ARIEL RIVERA MORENO.

BRS: AUGELOUS ALBENIS PALACIOS FAJARDO.

Tutor:

MSC. EDWIN QUINTERO.

Asesor Técnico:

Francisco Javier Morales.

Asesor Metodológico:

Amado Antonio Alemán.

RESUMEN.

El presente trabajo de seminario de graduación, se orienta a un sistema de riego programable en la finca “Palacios” ubicada en el Valle la Cruz departamento de Jinotega.

El documento contiene fundamentos técnicos, teóricos y económicos necesarios para desarrollar el trabajo de seminario, destacando los componentes esenciales que integran el sistema de riego programable como es el integrado controlador PIC16F84A.

El proyecto está orientado a cultivos de hortalizas en especial a lo que es repollo, el tiempo de riego para el cultivo es controlado por un micro controladores PIC, estos dispositivos electrónicos pueden ser programado por distintas herramientas, en esta proyecto usamos PIC BASIC PRO.

Para la programación de este sistema de riego por aspersión tomamos en cuenta los factores climáticos obtenidos por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Teniendo como el periodo de verano de seis meses comprendido desde Diciembre a Mayo.

El buen funcionamiento de este sistema está orientado a la estación de verano y así mismo a tres etapas distintas del crecimiento del cultivo de repollo. Los otros seis meses del año, comprendido desde Junio a Noviembre, es temporada de verano por tanto los cultivos en esta parte del país no necesitan de riego por ser una zona muy lluviosa en el invierno.

Para la alimentación de este sistema de riego por aspersión se propone utilizar un sistema fotovoltaico con el objetivo de minimizar el costo de la facturación eléctrica. Este sistema también es llevado a cabo según los datos que nos proporciona INETER, como es el factor del brillo solar en el departamento de Jinotega.

INDICE.

RESUMEN

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCION.....	6
1.2 ANTECEDENTES.....	7
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.4 JUSTIFICACION.....	9
1.5 OBJETIVOS.....	10
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	10
1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	10

CAPITULO II: DIAGNOSTICO DEL TERRENO Y DEL CULTIVO

2.1 ESTUDIO GEOGRAFICO DEL TERRENO.....	13
2.2 AREA DE IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE RIEGO	14
2.3 REQUERIMIENTO DEL SISTEMA.....	15
2.3.1 DESCRIPCION DE LA FUENTE DE AGUA.....	16
2.3.2 CONDICIONES CLIMATICAS.....	17
2.3.3 REQUERIMIENTO DE RIEGO DEL CULTIVO.....	18
2.3.4 DETERMINACION DE LOS ASPERSORES.....	25
2.3.5 CALCULO DEL TIEMPO DE RIEGO.....	26

CAPITULO III: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO CONTROLADO POR MICRO CONTROLADORES.

3.1 DISEÑO BASICO DEL CIRCUITO.....	29
3.1.1 DESCRIPCION DE LOS PINES.....	30
3.2 COMPONENTES QUE CONFORMAN EL CIRCUITO LOGICO.....	31
3.2.1 MICROCONTROLADO PIC16F84A.....	31
3.2.2 OSCILADOR EXTERNO.....	32

3.2.3 ALIMENTACION DEL CIRCUITO.....	33
3.3 ELECTROVALULAS.....	34
3.4 MOTOR ELECTRICO O BOMBA CENTRIFUGA.....	36
3.4.1 ESPECIFICACIONES DE LA BOMBA FRANKLIN ELECTRIC.....	37
3.5 TUBERIA.....	38
3.6 ASPERSORES.....	39
3.7 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE RIEGO PROGRAMADO.....	41
3.8 DESCRIPCION DEL CIRCUITO ELECTRONICO.....	45
3.8.1 CONEXIÓN INTERNA DEL CIRCUITO.....	46
CAPITULO IV: PROGRAMACION DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION	
4.1 HERRAMIENTA DE PROGRAMACION.....	49
4.2 COMPONENTES Y OPERADORES EN PIC BASIC PRO.....	50
4.2.1 DEFINE.....	50
4.2.2 VARIABLES.....	50
4.3 LOGICA DE LA PROGRAMACION DEL PIC PARA CONTROLAR EL SISTEMA DE RIEGO.....	51
4.3.1 PROGRAMACION EN PIC BASIC PRO.....	52

CAPITULO V. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PANELES FOTOVOLTAICO COMO FUENTE DE ALIMENTACION.	
5.1 DEFINICION.....	55
5.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	55
5.2.1 MODULOS FOTOVOLTAICO.....	55
5.3 TIPOS DE PANALES FOTOVOLTAICOS.....	57
5.3.1 MONOCRISTALINO.....	57
5.3.2 POLICRISTALINO.....	58
5.3.3 AMORFAS.....	58
5.3.4 PELICULAS DELGADAS.....	58
5.4 ANGULO DE ORIENTACION.....	59
5.5 PARTES ESENCIALES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	60
5.5.1BATERIAS.....	61
5.5.2 INVERSOR.....	62
5.6 IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERCIION PROGRAMADO.....	66
5.7 UBICACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	67
CAPITULO VI: CONCLUSIONES.....	76
CAPITULO VII: ESTUDIO DE COSTOS.	
7.1 COSTOS DEL CIRCUITO ELECTRONICO.....	77
7.2 COSTOS DEL SISTEMA DE PANELES FOTOVOLTAICO.....	77
7.3 COSTOS DEL SISTEMA DE RIEGO.....	78
7.4 ANALISIS COMPARATIVO.....	79
7.4.1 SISTEMA ACTUAL.....	79
7.4.2 SISTEMA PROPUESTO.....	80
7.4.3 COMPARACION DE AMBOS SISTEMAS.....	81
CAPITULO VIII	
BIBLIAGRAFIA.....	84
ANEXOS.....	86

AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos primeramente a Dios, creador de todo lo existente, es el quien nos da vida cada día, para seguir adelante en los momentos buenos y malos de nuestras vidas. El hace llover sobre justos e injustos, es un Dios de misericordia, que por su gran amor nos permitió culminar una de las metas propuestas en nuestras vidas.

A nuestros padres que fueron el pilar fuerte en todo el transcurso de nuestra carrera, por sus grandes esfuerzo y ayuda económica pudimos terminar esta

carrera de ingeniería electrónica. Cada palabra de inspiración que recibimos de nuestros padres nos hacían ser más fuertes aun cuando éramos débiles.

A todos los profesores de la carrera de ingeniería electrónica, que con mucha dedicación nos transmitieron parte de sus conocimientos, sin ellos tampoco nada de esto fuera posible, en especial agradecemos a nuestro tutor el Mcs. Edwin Quintero por su gran ayuda en el desarrollo de este proyecto.

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCION.

Nicaragua es un país agrícola, con un clima variado dependiendo de la zona geográfica, según la información facilitada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, el departamento de Jinotega es apto para el desarrollo de este proyecto. Tomamos una muestra del departamento de Jinotega para implementar este sistema.

La programación está muy vinculada con la mayoría de sistemas en la actualidad hace más eficaz y productivo los trabajos, pensando en tales cosas estamos realizando un sistema de riego por aspersión programado, capaz de manipular el tiempo de riego adecuado para el cultivo del repollo.

La finca “Palacios” es nuestro modelo para los estudios requeridos, teniendo fácil acceso a la propiedad. Estamos implementando este tipo de sistema de riego en este territorio porque también necesitamos de la energía solar para la alimentación de todo el sistema, es decir, el sistema de riego por aspersión es alimentado con energía fotovoltaica.

El presente trabajo consiste en realizar un sistema programable con tres etapas de riego para un cultivo de repollo según el desarrollo de este, en la finca “Palacios” ubicada en el departamento de Jinotega, valle de Apanas. Un circuito electrónico utilizando lógica digital permitirá que el riego sea más eficiente generando una cosecha de mejor calidad y mayor producción

Los módulos de paneles solares se encargan de transmitir energía a todo el sistema. Esta energía alimentará un circuito lógico que será el que da órdenes al motor o bomba eléctrica para llevar a cabo el funcionamiento, dicho sistema deberá realizar el riego cada ciclo programable, es decir el sistema cuenta con una etapa de control que permite al usuario manipular el uso del sistema programable para distintos tipos de cultivos y estaciones climáticas.

1.2 ANTECEDENTES

En la UNAN-Managua en el departamento de tecnología, antes perteneciente a la escuela de física, se han desarrollado varios tipos de sistemas programados utilizando la energía proveniente del sol.

Uno de ellos fue diseñado en el año 2010 por estudiantes de ingeniería electrónica y consistía en un sistema de riego por aspersión programado controlado por PLC's y alimentado con energía solar para los jardines en el sector de edificios impares de esta universidad con el propósito a solucionar la problemática al derroche de agua.

El diseño incluye controladores lógicos programables para controlar la apertura o cierre de electroválvulas, las que permiten el paso o corte del agua. En total incluye 8 PLC's y 59 electroválvulas entre otros componentes de protección eléctrica.

Otro proyecto relacionado fue diseñado en el año 2011 por los estudiantes Albenson Blandino, Ramiro Garcia y Silvio Baltodano de ingeniería electrónica en el departamento de tecnología, el diseño consiste en un sistema de riego programado, alimentado con energía fotovoltaica, para una finca de cinco manzanas localizadas en el Viejo Chinandega, este proyecto utiliza riego por goteo para un cultivo de tomate y sandía, las instrucciones programadas las realiza controlador lógico programable, este da instrucciones a las electroválvulas para abrir o cerrar el pase de agua.

En la actualidad existen empresas en Nicaragua como ECAMI, TECNOSOL, SUNISOLAR, entre otras, cuya función consiste en realizar instalaciones de equipos en función con energía renovables, en especial con la energía solar, tales como módulos solares, bombas eléctricas entre otras. Dichas instalaciones se realizan en zonas rurales del país donde no existen tendido de energía eléctrica comercial.

La finca "Palacios" en Jinotega, es una finca muy productiva, cuenta con dos manzanas de terreno para la producción de legumbres. La producción de esta finca no siempre es repollo, años atrás se producía hierba buena, lechuga, maíz, pipián. Todos estos cultivos eran regados manualmente y otros por las lluvias en el periodo de invierno. Actualmente la propiedad utiliza sistema de riego por manguera y succiona el agua de un río por medio de un motor de combustible, lo que es difícil para los agricultores abastecer todo el terreno en un día laboral.

Una forma de solucionar un problema como este sería contratar más empleados y comprar más mangueras, generaría costos mensuales más altos de lo normal, esta salida a la problemática no es tan viable.

En este trabajo documental implementamos un método más práctico, utilizando la energía renovable proveniente del sol para alimentar un motor eléctrico y así

mismo un circuito lógico programable que sea capaz de encender el motor en ciclos adecuados para llevar el agua hasta aspersores y así llevar a cabo el sistema de riego.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El problema que se presenta actualmente en la finca “Palacios” es que el riego no es eficiente, debido a que la mitad de la propiedad usa riego por aspersores mecánicos dependiendo de un motor de combustible Gasolina, el motor tiene una potencia de 10 caballos de fuerza, es una potencia grande, por lo cual así mismo necesita de mucho combustible por día para regar el cultivo. También hay un descontrol de agua, un gasto excesivo de este fluido debido a que no hay un control que corte el riego en un periodo deseado, esto lleva a

compromiso con el productor a estar pendiente del riego y limitarlo de otros compromisos en su negocio.

La otra mitad de la finca se riega manualmente, se invierte grande cantidad de tiempo para abastecer a 1 manzana de repollo con riego necesario y mucha mano de obra. Por el descontrol que existe en el riego de este cultivo las Hortalizas no están alcanzando el nivel máximo de crecimiento y el gasto económico cada día incrementa debido a la inflación del petróleo.

1.4 JUSTIFICACION

Los cultivos de hortalizas como lo es el repollo, necesitan de riego constante para su buen desarrollo y calidad. La mayoría de estos cultivos se riegan en un determinado periodo de tiempo, ya sea con una bomba eléctrica o simplemente por trabajo humano. En la finca “Palacios” existe un sistema de riego manual y otra parte por aspersión, pero ambos riegos no están automatizados y

necesitan trabajo humano o mecánico para abastecer el cultivo con agua. Esto eleva los costos para el propietario de la finca.

El riego por aspersión que tiene la propiedad es un poco desfasado, aunque tiene aspersores de buena calidad, estos ya han cumplido con el periodo de vida útil y no están realizando su trabajo como se necesita, el radio de aspersión va disminuyendo cada vez más, no es el mismo que cuando trabajan al 100%.

El motor que lleva el agua hasta los aspersores es un motor grande de 10 hp por combustión, usa como combustible gasolina. El precio del galón esta alrededor de 130 córdobas, actualmente. Cada día aumenta, por lo tanto el gasto económico también aumenta.

Existe un gran desperdicio del fluido del agua, el motor deja de bombear hasta que un humano lo apaga, es probable que el manipulador olvide apagarlo y esto ocasiona pérdidas materiales para el propietario, tanto en agua como en combustible. La eficiencia de riego en la finca “Palacios” es muy baja y el cultivo de repollo no está alcanzando el nivel máximo de crecimiento y el follaje del repollo no es como se desea. El agua es lo primordial para que una planta se desarrolle, por eso es necesario un buen riego.

Un sistema de riego por aspersión programable sería una buena opción para abastecer con la suficiente agua a este tipo de cultivo y en el tiempo más adecuado para cada etapa del desarrollo del repollo. Esto evita pérdidas de agua y de tiempo para el agricultor, el sistema se acciona y desactiva en el periodo de tiempo establecido que necesita de riego el cultivo de repollo.

Para mejorar los gastos económicos en el combustible, se propone utilizar la energía proveniente del sol como fuente de alimentación para todo el sistema,

gracias a la electrónica moderna esto se puede llevar a cabo a través de paneles fotovoltaicos.

1.5 OBJETIVOS:

1.5.1 General:

- Diseñar un sistema de riego por aspersión programable utilizando energía fotovoltaica en la finca “Palacios” ubicada en el valle la cruz, Jinotega-Nicaragua.

1.5.2 Específicos:

- 1- Realizar un diagnóstico del terreno y del cultivo.
- 2- Diseñar un sistema de riego controlado por lógica digital utilizando un integrado PIC16f84A que garantice el riego del cultivo para mejorar la productividad.
- 3- Utilizar energía fotovoltaica como fuente de alimentación para el sistema de riego.
- 4- Programar circuito integrado PIC16F84A del sistema de riego por aspersión utilizando como lenguaje de programación PICBASIC PRO.

CAPITULO II

DIAGNOSTICO DEL TERRENO Y DEL CULTIVO.

2.1 ESTUDIO GEOGRAFICO DEL TERRENO

El diseño se realizó en la finca del ing. Marlon “Palacios” ubicada en el valle de Apanas a 7 kilómetros de la ciudad de Jinotega en la zona norte de Nicaragua. La finca se localiza a 174 km de la capital del país (Managua). Jinotega tiene una ubicación de 19°07'46.3"N 86°00'36.9"W.respecto al meridiano de Greenwich, una altitud de 1078msnm



Fig. 2-1 Ubicación Geográfica.
Fuente: Google Maps.

El predio de la finca tiene un área de 3 manzanas con una diferencia de altura de 2.5m

2.2 AREA DE IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE RIEGO.

La finca “Palacios” consta de un área de 3 manzanas de territorio total. El área adecuada para cultivar es de 2 manzanas debido a que esta parte del terreno posee mejores condiciones para cultivos debido a la ubicación con respecto a la fuente de agua y la superficie es más plana. En el resto del terreno esta ubicado el rio, el pozo y una casa personal, mas una bodega de químicos.



Figura 2-2 delimitación del área de cultivo.
Fuente: Google Maps

La imagen 2.2 representa la finca “Palacios”, se observa el área de cultivo desde una perspectiva aérea, la línea roja rodea la toda la finca y nos muestra la forma y representación de tamaño. La entrada de la propiedad se encuentra en el camino que va hacia San Rafael km 174 aproximadamente.

2.3 REQUERIMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO.

Para llevar a cabo este proyecto se requiere determinar algunos factores como es el agua, el clima, tipo de riego y la ubicación. Primero tenemos un bosquejo de cada una de ellas que iremos estudiando a lo largo de esta sección del capítulo.

Descripciones de fuente de agua.

- Diámetro
- Profundidad
- Volumen del agua
- Ubicación

Condiciones climáticas.

- Nubosidad
- Temperatura
- Viento

- Humedad
- Brillo solar

Requisitos de riego

- tipo de riego
- periodo de riego
- volumen de agua para riego
- modo de extracción de agua para riego.

Determinación de los aspersores.

Determinación del tiempo de riego.

2.3.1. DESCRIPCION DE LA FUENTE DE AGUA DISPONIBLE.

La fuente de agua disponible en el terreno consiste en un rio conocido como el rio viejo de Jinotega que pasa por la parte Este, a 50 metros del área de cultivo, en el verano el rio posee dimensiones de: Ancho de 3m, profundidad de 1.5m aproximadamente con un caudal lo suficientemente bueno para el riego. En invierno el caudal del rio aumenta considerablemente a 6m de ancho y 2m de profundidad.

Para fines más eficientes la finca construyo una presa para mantener el agua a un volumen más estable. Al realizar la presa el volumen del agua aumenta. Esta es la fuente de agua que tenemos para regar el cultivo, tiene dimensiones de: 5m de largo, 3 metros de ancho y 2 metros de profundidad. Esta es la fuente que agua que usaremos para el riego el cultivo.

El volumen aproximado del agua es de 30m³. Esta cantidad de agua abastece sin ningún problema las necesidades del cultivo en verano.

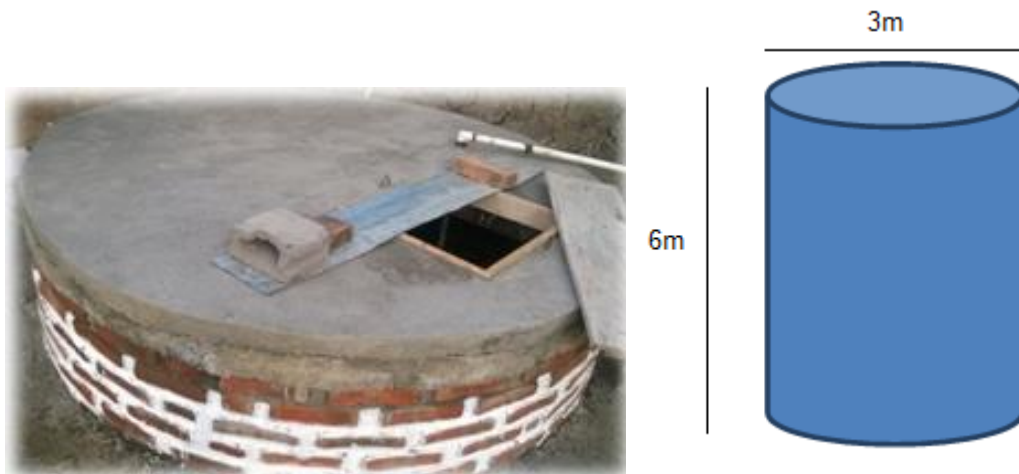
Para el invierno, como señalamos anteriormente el caudal del rio aumenta en un 100% de caudal original, es decir esto equivale al doble de agua que en periodo de verano.



**Fig. 2-3 Río viejo Jinotega.
Fuente: Propia**

La finca “Palacios” también cuenta con otra fuente de agua como emergencia en periodos de sequía, esta finca debe mantener un cultivo de buena calidad y permanente por lo que está asociada con ortifrutas.

La segunda fuente de agua es un pozo artesanal ubicado a unos 50m del terreno de cultivo. El pozo cuenta con 6m de profundidad con 1.5 de radio.



**Fig. ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento. Fuente de agua alternativa existente en la finca Palacios.
Fuente: Propia.**

2.3.2 CONDICIONES CLIMATICAS.

Estudios realizados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales destacan los siguientes datos en cuanto a las condiciones climáticas en el departamento de Jinotega en los últimos 10 años.

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

En la región de Jinotega se presenta un clima sabana tropical con una estación seca de 6 meses, comprendido desde diciembre a mayo. Siendo una zona con un clima muy variado, la temperatura anual oscila entre 17.6 °c como temperatura mínima promedio y una temperatura máxima de 28.6 °c, promedio.

Las siguientes tablas representan los informes climatológicos del departamento de Jinotega en un periodo comprendido de 3 años.

Estacion: Jinotega/Jinotega
Departamento: Jinotega
Latitud: 13°05'06"
Años 2011-2013
Parametro: brillo solar

Codigo:65020
Longitud: 85°59'48"
Elevacion: 1032msnm
Tipo: HMP
Municipio: Llano la cruz

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2011	127.4	185.2	230.0	233.4	140.9	75.9	114.5	142.3	114.8	80.4	132.3	105.8
2012	119.3	146.1	219.6	168.2	125.8	147.8	136.8	153.3	136.9	144.2	130.8	132.1
2013	138.5	188.6	193.3	212.4	186.5	104.6	137.2	127.5	100.5	144.2	106.9	93.6

Parametro: temperatura promedio

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2011	24.2	25.6	27.0	28.9	28.5	26.9	26.5	27.4	27.5	24.8	24.8	26.3
2012	23.2	24.3	26.2	28.7	27.7	27.5	26.2	27.5	27.3	23.9	23.9	26.1
2013	24.2	26.2	27.2	29.3	28.9	26.5	26.6	26.6	27.5	25.7	25.7	26.6

Parametro: viento maximo medio (m/s)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2011	2	3	2	1	1	1	1	0	0	2	3	1
2012	3	2	3	1	0	0	3	1	1	1	3	2
2013	3	1	2	1	1	1	2	1	0	0	1	2

Parametro: Humedad relativa media (%)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2011	81	78	72	72	82	87	86	84	86	86	80	83
2012	83	81	74	74	81	83	79	80	81	84	81	80
2013	79	82	72	68	72	83	80	81	85	83	85	84

Parametro: nubocidad media (octas)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2011	5	4	4	4	5	5	6	5	5	6	4	5
2012	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4
2013	5	4	4	4	4	6	5	5	5	5	5	5

Los datos obtenidos en la tablas anteriores son de suma importancia para este proyecto. En el proximo capitulo se describe la aplicación de cada uno de esos parametros.

En resumen sacando el promedio de cada parametro en los tres años de estudios que se realizaron obtenemos que:

Brillo solar: 1725.8 h/dec

Temperatura promedio: 26.3 °c

Viento maximo promedio: 1.3 m/s

Humedad relativa promedio: 80 %

Nubocidad media: 5 octas.

2.3.3 REQUISITOS DE RIEGO DEL CULTIVO.

2.3.3.1 Tipos de riego.

Según la energía requerida para la captación y distribución del agua, los sistemas de riego pueden ser clasificados en:

Sistema de riego por Gravedad: El agua es captada y distribuida contando con la energía generada por el diferencial de altura entre el punto de captación y el área de regadío.

Sistema de riego por Energía motriz: El nivel del agua está por debajo del nivel del área de regadío o a una altura insuficiente para distribuirse con la presión deseable. En estos casos el agua es captada y distribuida utilizando energía producida por un sistema de bombeo, impulsado por un motor a combustible o eléctrico, ariete, bomba eólica o manual.

Sistema de riego mixto: Dependiendo de la ubicación de la fuente de agua y del área de regadío, es posible combinar los dos sistemas anteriores, de tal manera de captar y elevar el agua mediante energía motriz y distribuirla por gravedad o viceversa. Según la forma de distribución del agua, los principales sistemas de riego pueden ser clasificados en:

Inundación: El agua es distribuida superficialmente sobre el terreno de regadío, inundándolo totalmente o en partes. Este sistema puede subdividirse en: a) Inundación en superficie total, cuando toda la superficie de regadío es inundada por el agua; y b) Inundación parcial o por surcos, cuando la superficie de regadío está conformada por surcos y camellones y el agua es distribuida a través de dichos surcos.

Todas las formas mencionadas anteriormente para la captación del agua necesitan de una forma de riego, es decir que existen formas de regar los cultivos, dependiendo de la necesidad de este, entre las diferentes formas de riego tenemos las siguientes.

Aspersión: El agua es distribuida a través de aspersores, los cuales producen gotas de agua de diferentes tamaños, imitando una precipitación natural.

Micro aspersión: Es una modificación del sistema de aspersión tradicional que permite asperjar el agua a poca distancia de la planta y de manera localizada.

Goteo: El agua es distribuida de manera localizada, por gotas, a través de goteros instalados en mangueras de goteo, pequeños reservorios (galones, bambú, etc.) o tuberías de distribución.

2.3.3.2 Definición del tipo de riego adecuado para el cultivo en este proyecto.

En este sistema de riego programado estamos empleando un tipo de riego por energía motriz, debido a que nuestra fuente de agua está debajo de la superficie de cultivo, existe un desnivel de unos 3 metros entre el río viejo Jinotega y el área de cultivo. Como generador electromotriz usaremos un motor eléctrico de 2 caballos de fuerza con su respectiva bomba, este nos dará la presión deseada para llevar el agua hasta las plantas. El tipo de riego que usaremos es un sistema de riego por aspersión, debido a que la Finca "Palacios" ya cuenta con un sistema de aspersores que trabajan mecánicamente.

El sistema de riego por aspersión programable es lo más adecuado para las hortalizas, como lo es el repollo y la lechuga, que son la cosecha del ing. Marlon "Palacios", propietario de la finca.

La siguiente imagen, es una toma real del cultivo de repollo, se pueden observar los aspersores con los que cuenta la propiedad.



Fig. 2-5 cultivo de repollo en la finca Palacios.
Fuente: Propia

Actualmente cada aspersor tiene una distancia de 6m entre cada uno, la finca tiene 50 aspersores y cubre media manzana con esa cantidad. El radio de riego de cada aspersor anda aproximadamente por 3m, existen algunos puntos ciegos, podríamos decir, en donde no cae mucha agua es por eso que hay un metro de compensación para dichos puntos.

La separación entre casa surco es aproximadamente 0.6m y hay unas 10 mil plantas en media manzana que esta por aspersión, esto equivale a 20 mil plantas de repollo por cada manzana.

2.3.3.3 Periodo de Riego

- Requisitos de riego

Determinación de la evapotranspiración:

La evapotranspiración 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 consultivo o la cantidad de agua que necesita un cultivo en un momento dado, esta es una información muy importante, por medio de estos datos que genera nos ayudara a determinar los requisitos de riego. Para nuestro estudio realizaremos los cálculos de la evapotranspiración en las condiciones climáticas y ambientales más crítica registrada en los últimos tres años en la ciudad de Jinotega donde según el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) la temporada más calurosa es entre Marso y Abril. Para realizar los cálculos utilizaremos el método de Doorembos y Pruit, estas fórmulas matemáticas son las siguientes:

$$ETA = K_c * ETP \quad (Ec.2-1)$$

ETA: factor de evapotranspiración dado en mm/día y representa el uso potencial de agua por cultivo.

K_c : factor del cultivo

ETP: factor clima

La ecuación de ETP está dada por:

$$ETP = 0.3 * T * A * HR * V * L * N \quad (Ec.2-3)$$

T: factor de temperatura

A: determinado por el factor de altura

HR: factor de humedad relativa

L: factor de latitud

N: factor de nubosidad

El cultivo tomado como objeto de estudio es el repollo, el factor de cultivo del repollo está dado por etapas:

Tabla 2-1

Etapa	Factor
K _{C IN}	0.7
K _{C MED}	1.05
K _{C FIN}	0.95

Embace a los datos obtenido en INETER sobre el clima de Jinotega se obtiene los siguientes factores para el mes de abril que es el mes que elegimos para el diseño debido a que es el mes más crítico.

Tabla 2-2

Parámetros climatológicos		
Parámetro	Valor medido	Factor
Temperatura	30.4 C	0.77
Viento	8m/s	1.52
Humedad relativa	71%	0.7
Altitud	1032 msnm	1.03
Latitud	13.7	16.05
Nubosidad	Parcialmente	0.575

Entonces la ecuación del factor del clima es:

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

$$ETP = 2.336$$

El número de matas de repollo que se siembra por manzana es de 20000, por lo tanto se sembrará en las dos manzanas de terreno de cultivo 40000 matas de repollos

Tabla 2-3

uso consultivo del repollo		
uso consultivo por planta	ETA=K _c *ETP	ETA= Kc *ETP *N de plantas
K _{C IN}	1.635	65400
K _{C MED}	2.452	98080
K _{CFIN}	2.219	88760

2.3.2.4 Determinación del tiempo de riego para el cultivo

Con base al uso consultivo del repollo calculado anteriormente, el tiempo que duraría en regarse los litros de agua necesaria se determina usando la siguiente ecuación:

$$TRr = \frac{ETA}{NA*QA} \quad (\text{Ec.2-3})$$

Dónde:

TRr= tiempo de riego para cada planta de repollo en horas/días o minutos/días

ETA= uso consultivo de cada planta de repollo litros/planta/días

NA= número de aspersores

QA= caudal por aspersor

2.3.4 Determinación de los aspersores

Para este tipo de cultivo se va utilizar el sistema de riego por aspersión, es necesario determinar el tipo de aspersores y a la cantidad de aspersores que

necesitamos para garantizar el riego en el cultivo de repollo en el terreno de 2 manzanas.

En esta finca utilizan aspersores XCEL –WOBBER, el área que abarca cada aspersor que es de 6 metros de radio. Si conocemos el área del terreno y el radio de aspersión, entonces podemos calcular el número de aspersores que necesitamos para el cultivo.

El área de una circunferencia de un aspersor es $A = \pi r^2$

$$A = \pi(6m)^2$$

$$A = 113.09m^2$$

Número de aspersor

$$N = \frac{\text{area de cultivo}}{\text{area de aspersor}} \quad (\text{Ec.2-4})$$

$$1 \text{ manzana} = 6988.96m^2$$

Por lo tanto en dos manzanas hay $13,977.92m^2$

$$N = \frac{13,977.92m^2}{113.09m^2} = 123.59$$

Como se trata de aspersores estos tienen que ser un número entero por lo cual lo redondeamos a 124 aspersores para que cubra todo el terreno de siembra.

2.3.5 Cálculo del tiempo de riego para el repollo.

El repollo tiene tres etapas de crecimiento, y por ende las cantidades de agua son distintas en cada etapa como se ve en la tabla 3.3.1. Los siguientes cálculos muestran los tiempos por etapas de crecimiento.

Etapa inicial: En la etapa de inicio del cultivo del repollo tiene un tiempo de riego de:

$$TRrin = \frac{65400L/dia}{124 * 409L/hr} = 1.29hr/dia$$

Etapa media: En la etapa de media del crecimiento del cultivo del repollo tiene un tiempo de riego de

$$TRrmed = \frac{98080L/dia}{124 * 409L/hr} = 1.93hr/dia$$

El tiempo que se regara las plantas de repollo por día será de 1 horas con 56 minutos lo cual esto será lo óptimo para que cada mata tenga un desarrollo perfecto.

Etapa final: En la etapa de final del cultivo del repollo tiene un tiempo de riego de

$$TRrfin = \frac{88760L/dia}{124 * 409L/hr} = 1.45hr/dia$$

El tiempo de riego va a determinar las condiciones de control programado. Este intervalo de tiempo va a permitir la programación del sistema de control programado, de modo que el sistema de riego aplique la cantidad de agua necesaria al cultivo de repollo en el momento dado.

Conociendo el tiempo de riego y la cantidad de agua a regar, podemos determinar la distribución de los aspersores y la cantidad de tiempo que trabajara el motor para llevar el agua hasta el cultivo. Como el área de cultivo es considerable un poco grande para regarla en un mismo periodo, entonces lo más conveniente es regar por sectores, es decir distribuir el tiempo de riego en 4 ciclos, cada ciclo seria de 1 hora. Así mismo dividir los sectores a regar, en 1/2 manzana cada sector. Más adelante explicaremos la lógica de riego y los ciclos de riego.

En la sección 3.3.3.2 se define el método de riego seleccionado para el diseño propuesto de riego por aspersor.

Como el riego por aspersion posee un consumo de agua menor que el requerido por surco o por inundación, y su distribución es homogénea y suavemente como si fuera una lluvia. Para nuestro diseño se va a regar diariamente para una mejor producción sin inundar el terreno de cultivo, dividiendo el área en dos sectores como muestra la figura 2.6, en esta misma se puede observar la distribución de los aspersores, esto no van de forma lineal, si no de forma triangular para así no dejar puntos ciegos, es decir zona sin regar.

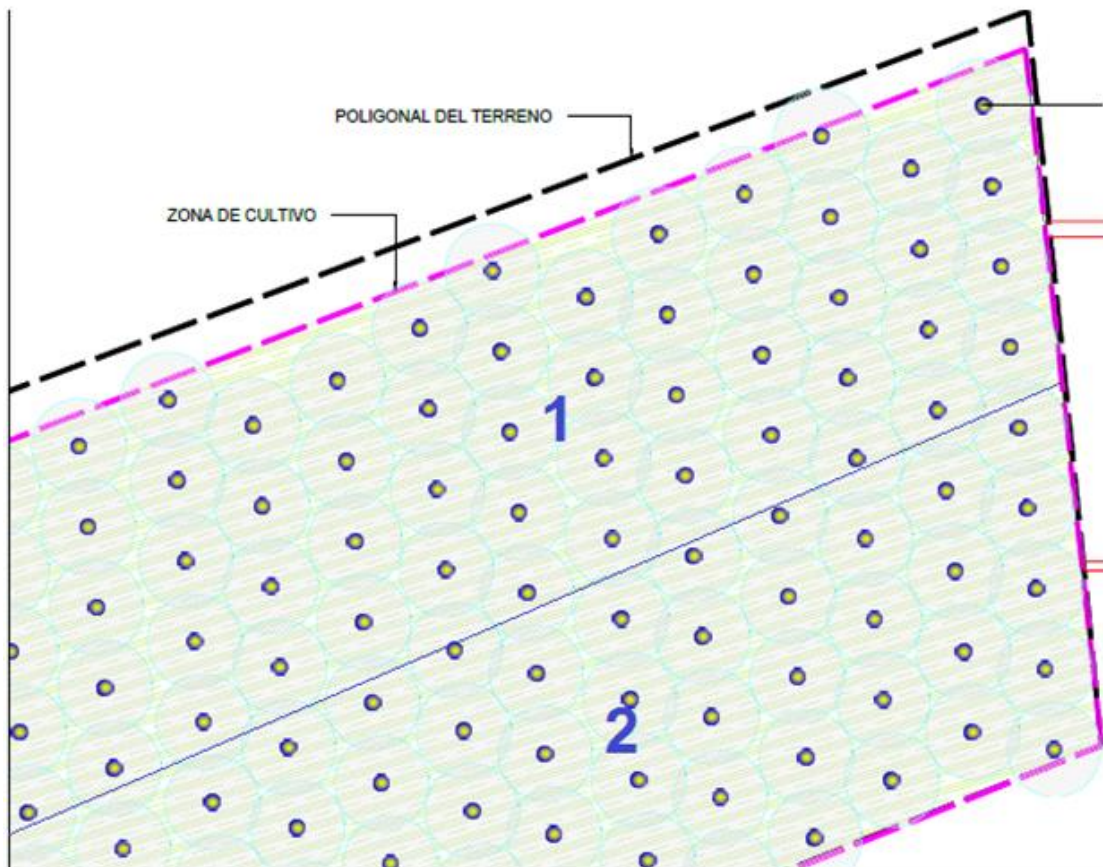


Fig. 2-6 muestra la distribución de los aspersores y la división del terreno de cultivo.

Con la sectorización de las dos manzanas de cultivo el riego se podrá aplicar independientemente en cada sector, cada sector tendrá su propios conductos de agua y elemento de control (electroválvula), con el objetivo de controlar la hora y el tiempo de riego por día.

El riego se aplicará diario a los dos sectores, pero con un intervalo de tiempo alterno, o sea horas por medio en dos área específica. Como el tiempo de riego diario es de aproximadamente 2 horas estas se dividirán en dos periodos uno por la mañana y otro por la tarde.

El capítulo siguiente, detalla el funcionamiento del circuito y la forma de periodo de riego según la programación establecida.

CAPITULO III

DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO CONTROLADO POR MICRO CONTROLADOR PIC.

Como mencionamos en los capítulos anteriores, para la elaboración de un sistema de riego por aspersión programable de riego es necesario utilizar la electrónica, por tanto este proyecto está diseñado con un PIC16FA que es el cerebro de todo el sistema.

3.1 DISEÑO BASICO DEL CIRCUITO.

Un circuito es una red eléctrica (interconexión de dos o más componentes, tales como resistencias, inductores, condensadores, fuentes, interruptores y semiconductores) que contiene al menos una trayectoria cerrada.

Un circuito consta de una fuente generadora, carga y conductores. La fuente generadora es la encargada de Generar el movimiento de los electrones. Desempeña una función similar al de una bomba de agua, no produce electrones, como la bomba de agua no produce agua, sino que los hace circular. Circulan los electrones libres por el conductor. La carga Recibe el flujo de electrones o corriente eléctrica, este flujo al paso por la carga realiza un trabajo que se manifiesta bajo la forma de luz, calor, etc. Los conductores Son los medios a lo largo del cual fluyen los electrones que el generador hace circular.

Un circuito electrónico está compuesto por distintos dispositivos, que están elaborados de elementos químicos. Cada circuito tiene una función deseada, dependiendo para que fuera creado. En el mundo actual la programación es uno de los avances científicos más relevantes, esto disminuye trabajo humano, costos económicos y aun mejora la eficiencia de los trabajos.

Como este es un diseño básico, es decir algo muy sencillo para comprender el funcionamiento del integrado PIC16F84A, a las salidas del integrado (pines de salida), conectaremos unos led indicadores, estos led indicadores están sustituyendo a las electroválvulas y al motor, que es en realidad lo que va a controlar este circuito.

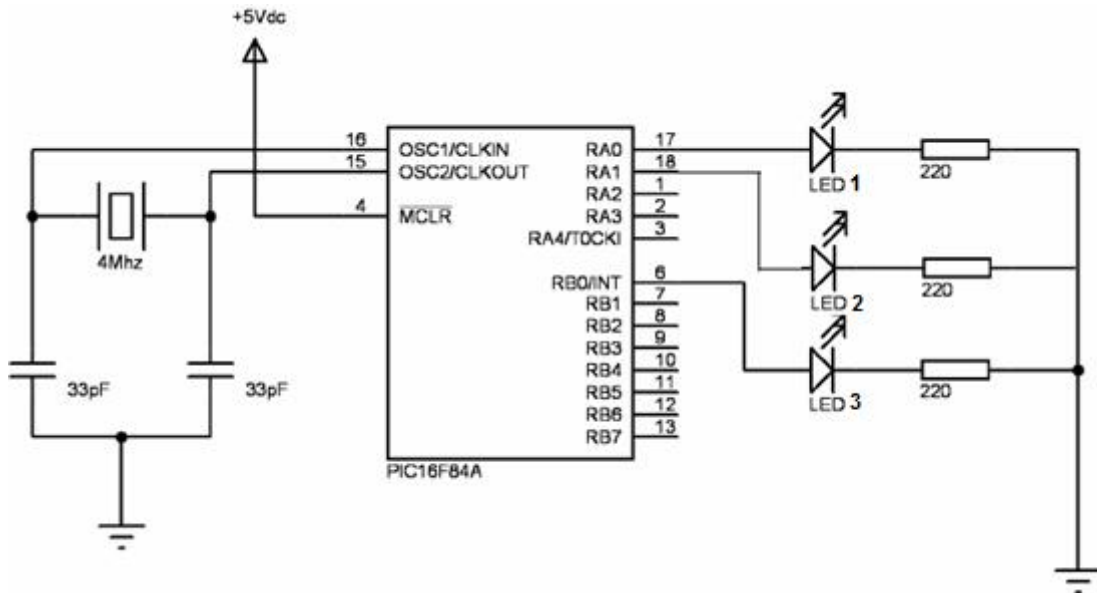


Fig. 3-1 conexiones del PIC y tipo de oscilador con que trabaja.
Fuente: www.conexionelectronica.com

3.1.1 DESCRIPCION DEL LOS PINES.

El pin RB0/INT: este pin está configurado como salida, este manda una señal o un pulso de 5 voltios, que activa el led 3, el led uno está en representación de un motor de 2 caballos de fuerzas, es decir lo que hace el pin es activar un relé, para que este pueda encender y apagar el motor en su debido tiempo de acuerdo a la programación.

El pin RA0 Y RA1: estos pines tiene la misma función de RB0 a diferencia que estas activan un relé cada uno para accionar una electroválvula por relé, el pulso que envían estos pines hacia el relé para activar las electroválvulas es controlado por la programación del circuito integrado PIC16F84A. Los led 2 y 3 están representando las electroválvulas.

3.2 COMPONENTES QUE CONFORMAN EL CIRCUITO LOGICO

3.2.1 MICRO CONTROLADOR PIC 16F84A

El PIC16F84 es un micro controlador a 8 bits de la familia PIC perteneciente a la Gama Media.

Se trata de uno de los micro controladores más populares del mercado actual, ideal para principiantes, debido a su arquitectura de 8 bits, 18 pines, y muy amigable para memorizar y fácil de entender, internamente consta de:

- Memoria Flash de programa (1K x 14 bits).
- Memoria EEPROM de datos (64 x 8 bits).
- Memoria RAM (68 registros x 8 bits).
- Un temporizador/contador (timer de 8 bits).
- Un divisor de frecuencia.
- Varios puertos de entrada-salida (13 pines en dos puertos, 5 pines el puerto A y 8 pines el puerto B).

Funcionamiento de cada pin del integrado PIC16F84A

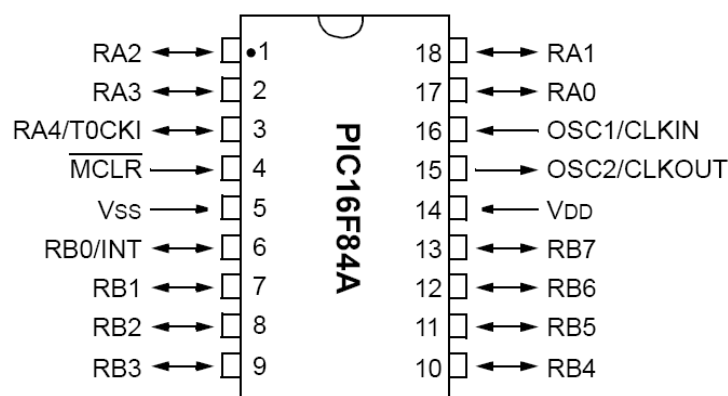


Fig. 3-2 descripciones de cada pin del PIC16F84A.
Fuente: www.conexionelectronica.com

Tabla 3-1

Nombre	Nº	Tipo	Descripción
OSC1/CLKIN	16	I	Entrada del oscilador a cristal/Entrada de la fuente de reloj externa
OSC2/CLKOUT	15	O	Salida del oscilador a cristal. En el modo RC, es una salida con una frecuencia de ¼ OSC1
MCLR	4	I/P	Reset/Entrada del voltaje de programación.
RA0	17	I/O	Puerto A bidireccional, bit 0
RA1	18	I/O	Puerto A bidireccional, bit 1
RA2	1	I/O	Puerto A bidireccional, bit 2
RA3	2	I/O	Puerto A bidireccional, bit 3
RA4/T0CKI	3	I/O	También se utiliza para la entra de reloj para el TMR0
RB0/INT	6	I/O	Puerto B bidireccional, bit 0 Puede seleccionarse para entrada de interrupción externa
RB1	7	I/O	Puerto B bidireccional, bit 1
RB2	8	I/O	Puerto B bidireccional, bit 2
RB3	9	I/O	Puerto B bidireccional, bit 3
RB4	10	I/O	Puerto B bidireccional, bit 4 Interrupción por cambio de estado
RB5	11	I/O	Puerto B bidireccional, bit 5 Interrupción por cambio de estado
RB6	12	I/O	Puerto B bidireccional, bit 6 Interrupción por cambio de estado
RB7	13	I/O	Puerto B bidireccional, bit 7 Interrupción por cambio de estado
Vss	5	P	Tierra de referencia
Vdd	14	P	Alimentación

3.2.2 OSCILADOR EXTERNO.

Es un circuito indispensable para el funcionamiento del micro controlador y el cual además, define la velocidad a la cual va a trabajar. Para hacer funcionar nuestro diseño podemos elegir entre las siguientes cuatro opciones:

- Oscilador LP: Oscilador de bajo consumo (Low Power).
- Oscilador XT: Cristal / Resonador.

- Oscilador HS: Oscilador de alta velocidad (High Speed).
- Oscilador RC: Resistencia / Condensador
-

En los modos de oscilador LP, XT y HS el cristal debe ser conectado a los pines 15 y 16, Osc2/CLKout y Osc1/CLKin respectivamente, como se muestra en la figura.

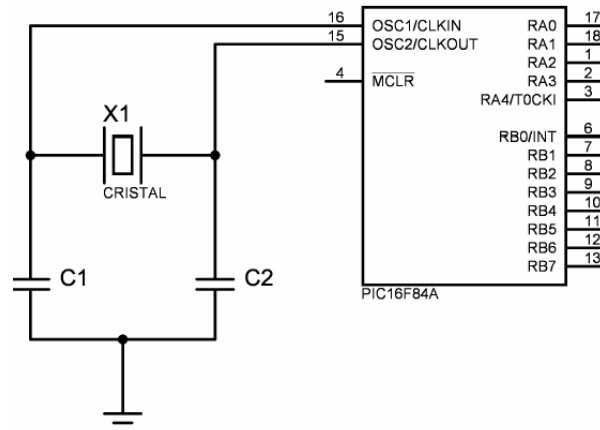


Fig. 3-3 conexión del oscilador de cristal.
Fuente: www.conexionelectrica.com

En este circuito electrónico, estaremos utilizando en oscilador XT, en específico un cristal de cuarzo de 4 MHz, con los correspondientes condensadores cerámicos de 33pF, este oscilador produce una onda sinusoidal.

3.2.3 ALIMENTACION DEL CIRCUITO.

El circuito esta alimentado por una fuente de 5v CD, lógicamente. Una fuente es otro circuito, la construcción de esta tiene un costo un poco elevado, debido al transformador que utiliza. La siguiente figura representa el diagrama para la elaboración de una fuente de 5v y de 3.3v

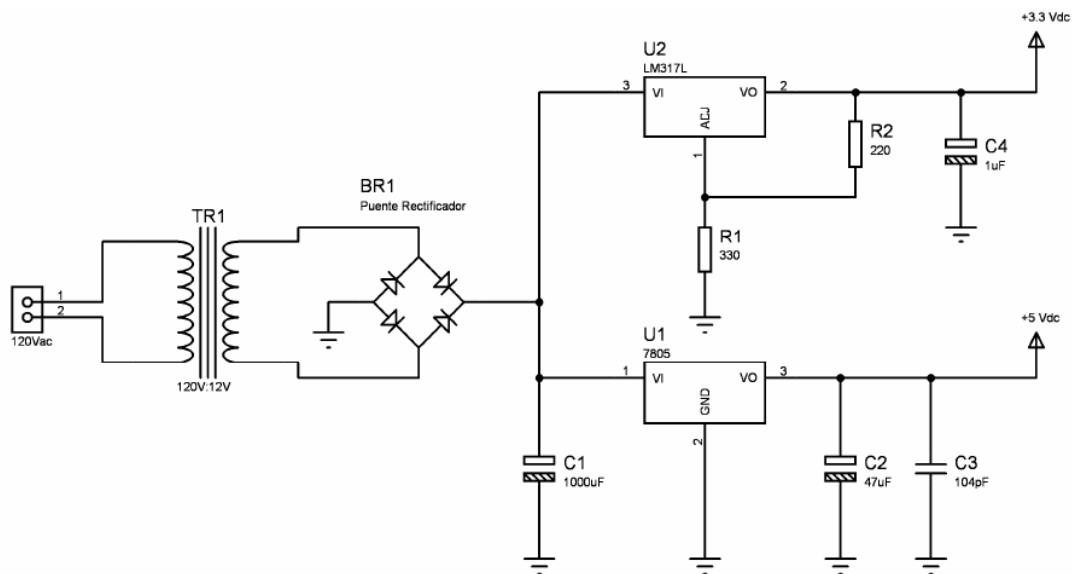


Fig. 3-4 Fuente de alimentación del PIC con salida de 5Vcc
Fuente: www.electronica2000.com

El costo para construir una fuente oscila entre los 400 y 500 córdobas, por esa razón decidimos usar una fuente ya fabricada por la empresa Motorola, es una fuente más estable, mucho más barata, más eficiente. Esta fuente tiene una salida de voltaje de 5v CD y un amperaje de 500mA. Como solamente en un transformador de CA a CD, ella misma no puede generar energía, por tanto está conectada a los paneles solares, que son la alimentación de todo el sistema, en los capítulos siguiente detallaremos el funcionamiento de los paneles solares en el sistema programado de riego por aspersión.

3.3. ELECTROVALVULAS.

Una electroválvula es un dispositivo electrónico para detener o parar el flujo que pasa por una tubería, ésta se controla a través de una corriente eléctrica que pasa por una bobina solenoidal la cual transforma energía eléctrica en energía mecánica, para poder accionar la válvula.

Las electroválvulas pueden ser: cerradas, en reposo o normalmente cerradas; ello quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica, quedan cerradas o

bien pueden ser del tipo abiertas en reposo o normalmente abiertas; que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

El caudal está indicado por el coeficiente de circulación Kv representando la cantidad de agua, expresada en metro cúbico por hora (m³/h), que pasa por la electroválvula con una pérdida de carga de 1 bar y una temperatura comprendida entre 5°C y 30°C.

La electroválvula marca Danfoss, es una propuesta para este proyecto, sus características son adecuadas para las necesidades. El costo de ella es de 38.7 dólares.



Fig. 3-5 Electroválvula Danfoss.
Fuente www.acuatec.com.ni

Características específicas de las electroválvulas.

Tabla 3-2

FLUIDO	Aire, Agua, Agua Caliente, Líquidos y Gas
ACCIONAMIENTO	Internamente Pilotada
TIPO DE VALVULA	2 vías 2 posiciones
PRESION DE OPERACIÓN	7.5 a 130 psi (0.5 a 9.5 bar)
CONEXIÓN	1/2"
Máxima presión de trabajo	150 psi
Temperatura	-10 a 80 °C

ESTADO INICIAL	Normalmente Cerrada
Máxima frecuencia	3 ciclos/seg
VOLTAJES	12 VDC, 24 VDC, 24 VAC , 110 VAC, 220 VAC
MATERIAL	Ingeniería plástico Nylon

3.4 MOTOR ELECTRICO O BOMBA CENTRIFUGA.

El motor eléctrico es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor.

Algunos de los motores eléctricos son reversibles, ya que pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores o dinamo. Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras o en automóviles híbridos realizan a menudo ambas tareas.

Son utilizados en infinidad de sectores; instalaciones industriales, comerciales, particulares; como ventiladores, teléfonos, bombas, máquinas herramientas, aparatos electrodomésticos, herramientas eléctricas y unidades de disco. Los motores eléctricos pueden ser impulsados por fuentes de corriente continua (DC), tal como baterías de automóviles o rectificadores de corriente, y por fuentes de corriente alterna (AC) bien sea directamente de la red eléctrica bifásica o trifásica.

Para este proyecto la propuesta es usar La bomba Franklin turf Boss que sobresale cuando se utiliza para abastecer de agua a un sistema de riego con temporizador operado, pero esta bomba robusta y de fácil uso se puede utilizar en otras áreas como transferencia de agua residencial, comercial etc. Esta bomba está aprobada para su operación en interiores y exteriores.

Utilizaremos una bomba de 2hp, correspondiente a 1.5kWh, la alimentación es de 220-230v



Fig. 3-6 Bomba Franklin Electric de 2 Hp.
Fuente www.bombasfranklin.com

ESPECIFICACIONES DE LA BOMBA FRANKLIN ELECTRIC

PERFORMANCE CURVE

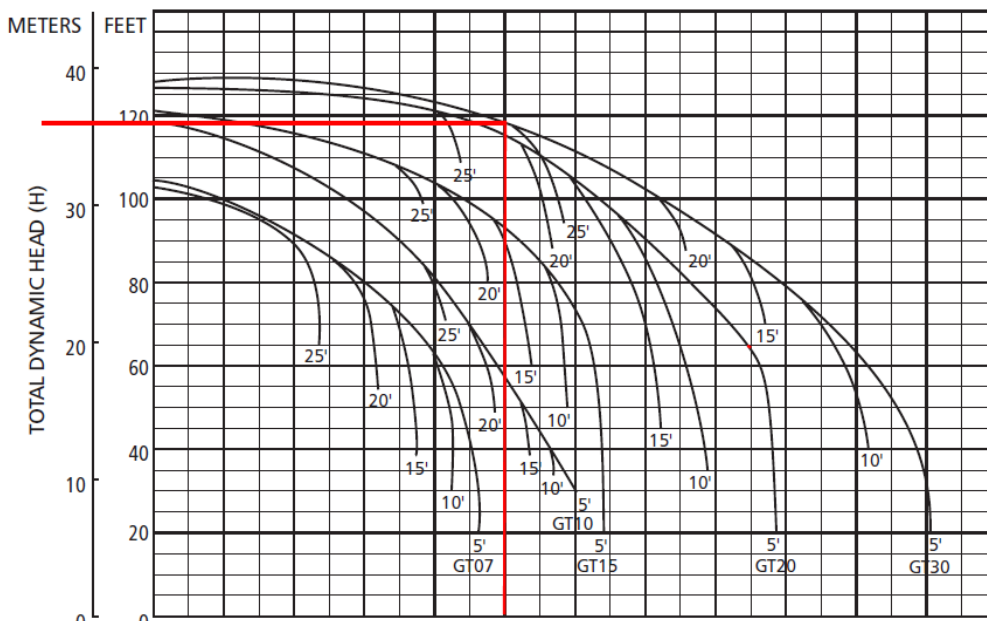


Fig. 3-7 Nomograma de eficiencia de la Bomba Franklin electric.
Fuente: www.bombasfraklin.com

3.5 TUBERIA.

Una tubería o cañería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos. Se suele elaborar con materiales muy diversos.

Como todo sistema de riego debe de tener una red de tubería para que esta esparza el agua por toda el área específica que se quiere, nuestro diseño posee una longitud de tubería de 3400m la cual comienza desde donde se succiona el agua hasta donde se distribuye por los aspersores, la red de tubería se divide en dos , la primera que es la tubería madre o tubería principal que viene desde la bomba de agua hasta el área de cultivo, esta tubería principal tiene una longitud de 60m, la otra parte de la red es la tubería secundaria esta es la que se encarga de esparcir el caudal del agua hacia todos los aspersores humedeciendo el terreno uniformemente.

La tubería principal posee un diámetro de 2 pulgada y es del material PVC este tipo tubo es de alta presión (SDR – 11) y cada tubo tiene una longitud de 6 metros por lo cual necesitaremos 10 tubos para cubrir el diámetro desde el motor hasta el área de cultivo. La tubería secundaria es de ½ pulgada de diámetro e igual es de PVC con una capacidad de presión de SDR - 11 y posee una longitud de 6 metros.

La denominación de tuberías PVC proviene del policloruro de vinilo, que es un polímero termoplástico. “Termoplástico” implica que a temperatura ambiente los materiales presentan características más rígidas que cuando la temperatura es aumentada. En esos casos, el material se vuelve mucho más blando y maleable, es decir, son más fáciles de manejar. A pesar de esto, no importa cuánto se fundan o moldeen, los materiales termoplásticos no alteran sus propiedades tan fácilmente.

En el caso del policloruró, éste comienza a tornarse más blando cuando está expuesto a una temperatura superior a los treinta grados.



Fig. 3-8 Tubería PVC que transporta el agua hasta las plantas.
Fuente: www.google.com.ni

Para unir la tubería principal con la tubería secundaria se usa un reductor de 2in a 1/2in, este adaptador es de PVC.

Tabla 3-3

Características de todo el material PVC a utilizar
Fabricado acorde a la normatividad internacional ASTM D 2846
Cumple la normatividad mexicana NMX-E-181-CNCP-2006
Materia prima cumple con ASTM D 1784
Contenido de plomo menor al 0.25%
Temperatura de operación máxima de 82°C
Presión de operación máxima de 400 psi (28 kg/cm ²) a 23°C
Presión de operación máxima de 100 psi (7 kg/cm ²) a 82°C
Mínima pérdida por fricción
Mínima pérdida de calor
Ventajas
Bajo la confiable marca PrimaFlow de Mueller Industries, Inc.
Seguridad de las instalaciones

Gran durabilidad, hasta 50 años de vida útil
Cero fugas
Cero oxidación
Evita la formación de herrumbre
Gran resistencia a la corrosión
Facilidad de instalación-cero herramientas

3.6 ASPERSORES.

Un aspersor es un dispositivo mecánico que en la mayoría de los casos transforma un flujo líquido presurizado y lo transforma en rocío, asperjándolo para fines de riego. Los aspersores constan de una o dos boquillas cuyas dimensiones y formas varían de acuerdo al modelo y marca del fabricante y pueden ser móviles o giratorias y fijas.

Es necesario comprender que la ventaja de un aspersor es la de expulsar el agua por medio de una cortina hasta donde sus capacidades de presión de salida y tipo de boquilla se lo permitan.

Un chorro de agua asperjado es un conjunto aleatorio de gotas de agua que son expulsadas de un medio presurizado a otro con presión atmosférica, donde este conjunto de agua pulverizada guarda direcciones similares y velocidades diferentes (esto a causa de los tipos de boquilla) con el único objetivo de conseguir una cortina de agua lanzada al espacio de la manera más uniforme posible.

En nuestra propuesta en este proyecto sobre los aspersores es el aspersor de marca XCEL –WOBBER, este es un aspersor rotativo de no impacto cuyas características y especificaciones técnicas son:

El Xcel-Wobbler de maximiza la superficie de cobertura. Su acción rotativa oscilante provee una cobertura extremadamente uniforme a bajas presiones con una pérdida muy baja por evaporación.



Fig. 3-9 aspersor Xcel-Wobbler
Fuente: www.google.com

Características del aspersor XCEL –WOBBER:

- El diseño de contrabalanceo produce un rendimiento suave y estable.
- Una sola parte móvil para mayor vida útil
- Tamaños de entradas M NPT $\frac{3}{4}$ " ó $\frac{1}{2}$ "
- Caudales: 0.78 lps o 12.2 gpm
- Baja deriva por viento y baja pérdida por evaporación a bajas presiones
- Garantía de dos años en materiales, mano de obra y rendimiento
- Boquillas codificadas por color para fácil identificación de tamaño; con garantía de mantenimiento del tamaño correcto de orificio durante cinco años.

El sistema de riego tendrá en uso el aspersor Xcel-Wobbler de boquilla gris que posee las siguientes características:

- Un diámetro en su orificio de salida de 3.57mm.
- Un caudal de 409 litros por hora.
- Presión de 10psi.
- Con una entrada de $\frac{1}{2}$ "

El siguiente diagrama nos ayudara a comprender más el funcionamiento del sistema por etapas.

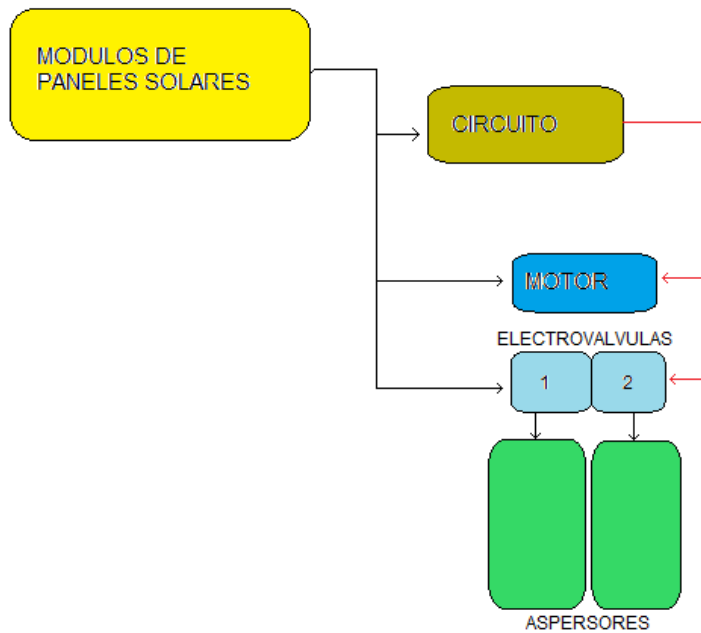


Fig. 3-11
Fuente: Propia

Si dividimos esto por etapas, la primera que tenemos es el módulo de paneles solares, está es la alimentación de todo el sistema, alimenta a la fuente del circuito, al motor, y a las electroválvulas.

La segunda etapa sería el circuito controlador, éste es el que manda la orden a las electroválvulas para que se enciendan, y de la misma manera manda el pulso al motor para que se accione, cabe destacar que estos pulsos llegan a un relé que es el encargado de hacer el cortocircuito en cada uno de estos dispositivos.

La tercera etapa está compuesta por las electroválvulas y el motor. El motor es el encargado de llevar el agua por toda la tubería, pero la electroválvula es la que controla el paso de este fluido, si la electroválvula abre paso al agua entonces está llaga hasta los aspersores, y los aspersores se encargan de distribuirla por todo el terreno de cultivo.

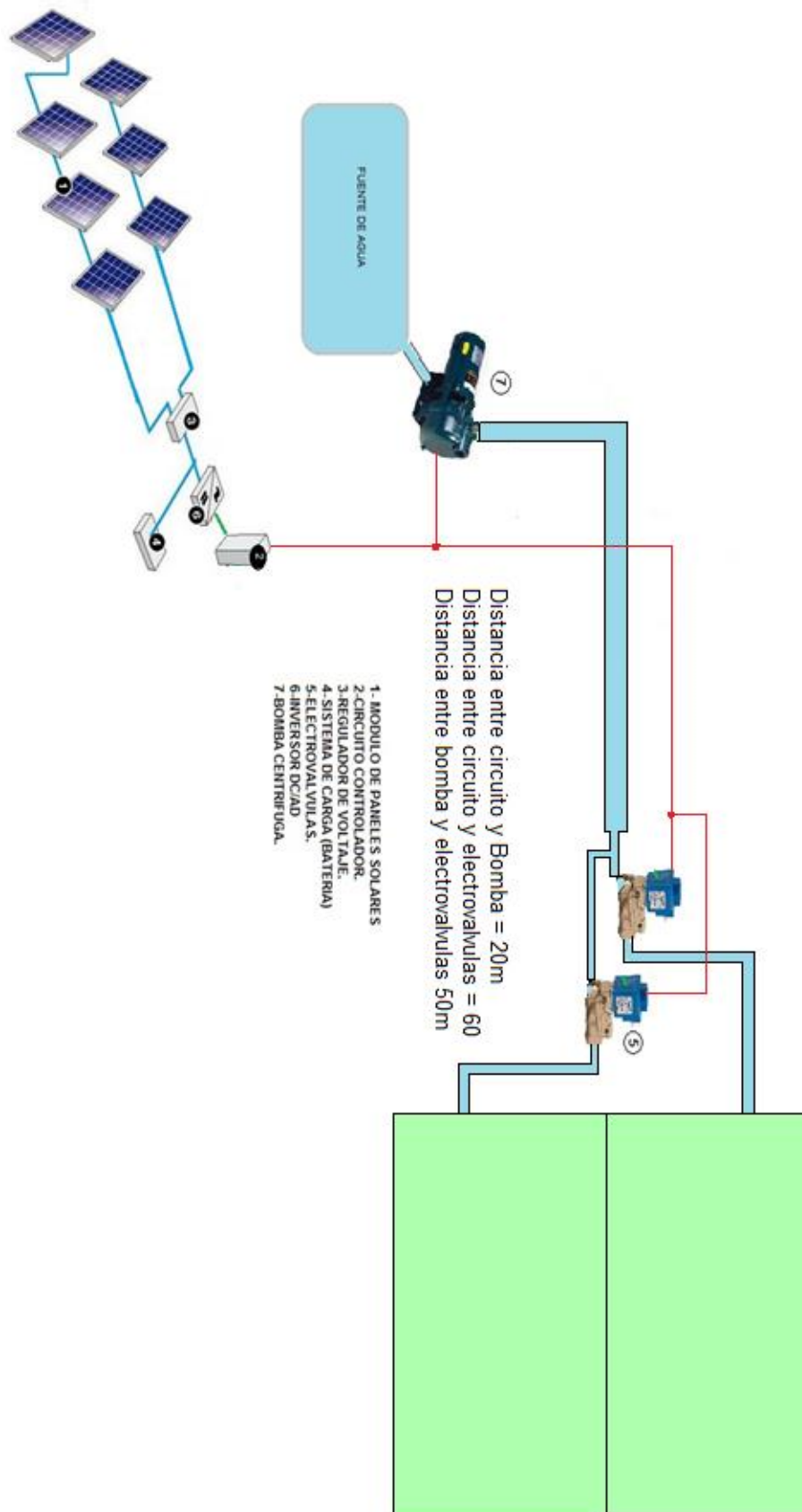


Fig. 3-11 Muestra las distancia que existe entre cada objeto relacionando tubería y cables de energía, las líneas rojas representan los cables de energía que alimentan los dispositivos eléctricos.
Fuente: Propia

TIPO DE ALAMBRE PARA CONECTAR LA BOMBA Y ELECTROVALVULAS.

En la fig. 3-11 se muestra la distancia que existe entre la bomba y el circuito controlador, es aproximadamente 20m y según la ley de ohm tenemos un amperaje de casi 7A una vez ya estabilizada la bomba, como todo motor eléctrico la bomba tiene un amperaje de arranque que es el doble o más, de su amperaje estable, esto es más de 14A, por lo tanto para conectar la bomba usaremos un alambre #12 que soporta hasta 20A. para las electroválvulas podemos usar este mismo tipo de alambre y nos funcionara perfectamente.

3.8 DESCRIPCION DEL CIRCUITO ELECTRONICO.

El siguiente diagrama muestra las conexiones de los pines que estamos utilizando.

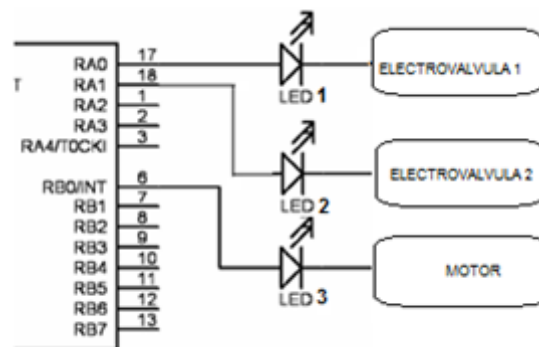


Fig. 3-12
Fuente: Propia

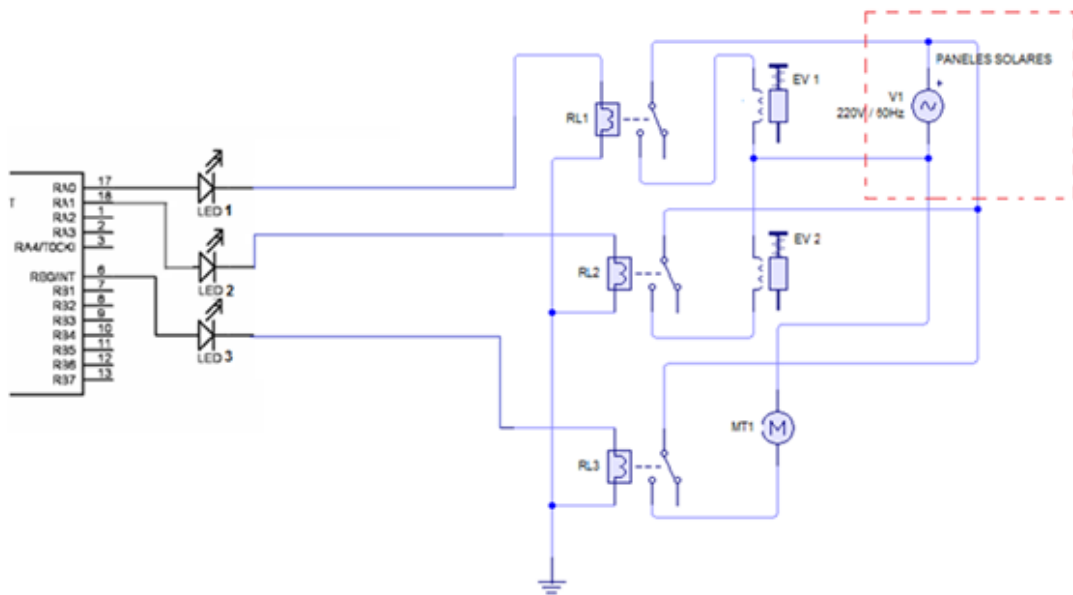


Fig. 3-13 conexiones internas, se observa la conexión entre los relé y las electroválvulas y motor, este proceso de corte y saturación lo controla el PIC.
Fuente: Propia

3.8.1 CONEXION INTERNA DEL CIRCUITO.

Como el cultivo del repollo consta de tres etapas distintas de riego para su buen desarrollo, entonces la programación esta adecuada a las 3 etapas, como es etapa inicial, media y final. Los tres interruptores que se muestran en la figura 3.9 activan cada una de las etapas, el operador deberá de activar el interruptor según la etapa que desea activar.

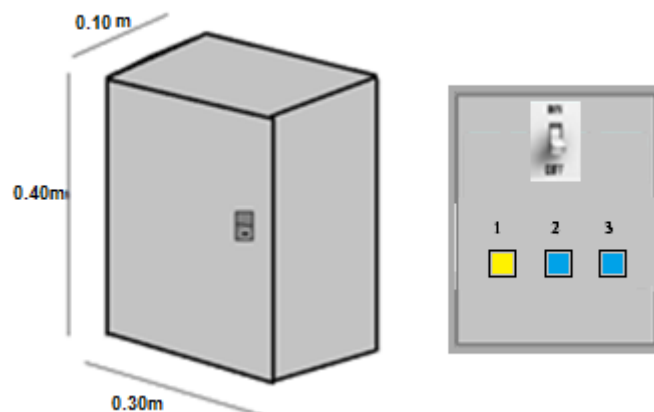


Fig. 3-14 Sistema de control de las etapas de riego, fácil de manipular por el usuario.
Fuente: Propia.

En la fig. 3-14 se muestra un sistema de control, dentro de esa caja debe estar el circuito eléctrico que controla el sistema de riego por aspersión, posee tres pulsadores, cada uno controla una etapa de riego, y en la parte de arriba esta un interruptor central que actúa como corte o saturación de energía al circuito, este se usa para encenderlo o apagarlo, una vez encendido entonces se puede proceder a activar cualquiera de las etapas. El usuario, que en este caso será el agricultor podrá determinar empíricamente en qué etapa de crecimiento se encuentra el repollo para así activar la correcta.

Este circuito también cuenta con un ventilador eléctrico conectado a la fuente de alimentación de 3Vcc, que sirve para enfriar el circuito controlador PIC.

La siguiente figura 3-15 nos muestra la conexión eléctrica interna del circuito eléctrico, de cómo van conectados los dispositivos electrónicos y así mismo la conmutación que hacen los relé para activar las electroválvulas y el motor.

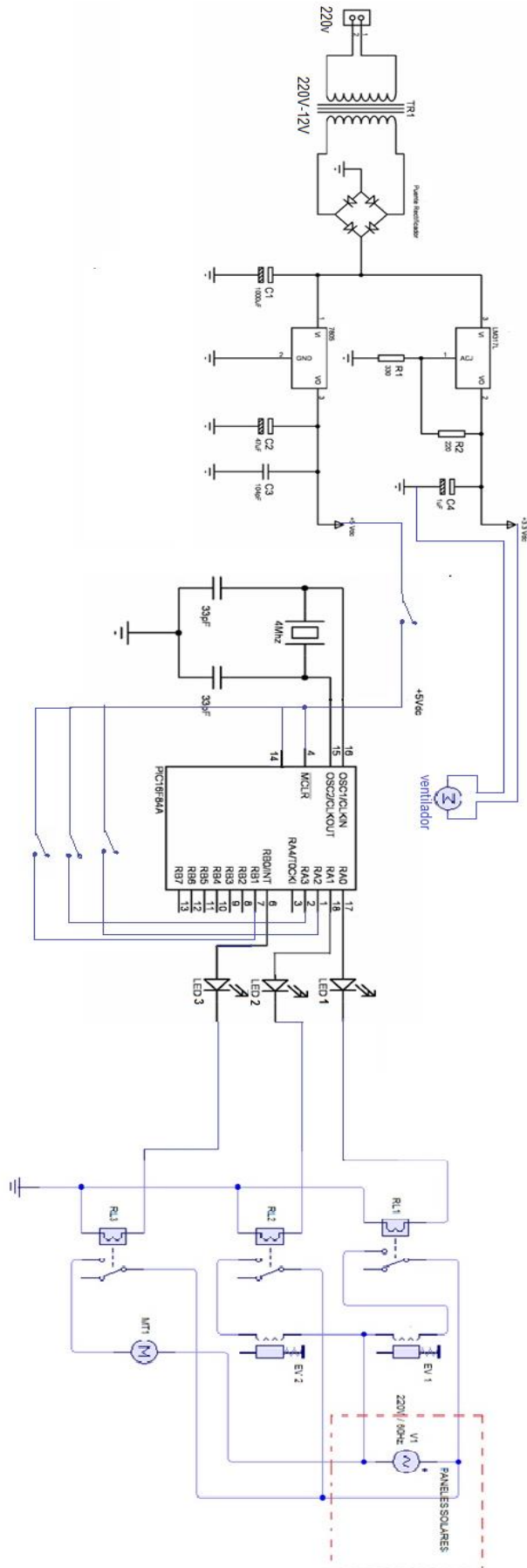


Fig. 3-15 conexión eléctrica interna.
Fuente: Propia

CAPITULO IV

PROGRAMACION DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERCIÓN UTILIZANDO PIC BASIC PRO.

4.1 HERRAMIENTA DE PROGRAMACION.

Este sistema de riego programado depende de un circuito integrado lógico, el PIC16F84A para que este pueda controlar al sistema es necesario programarlo, para ello usaremos la herramienta llamada compilador PICBASIC PRO.

El compilador PicBasic Pro (PBP) es uno de los lenguajes de programación de nueva generación que hace más fácil y rápido programar micro controladores PIC micro de Microchip Technology. El lenguaje Basic es mucho más fácil de leer y escribir que el lenguaje ensamblador Microchip.

PicBasic Pro de Micro Engineering Labs Inc. (<http://www.melabs.com/>) es uno de los más conocidos. Este poderoso compilador pone al alcance del usuario potentes instrucciones para comunicación serie, matemática de 16 bits, mediciones de sensores analógicos, PWM, sonido, y muchísimas más.

El PBP produce un código que puede ser programado en una variedad de controladores PIC que tengan de 8 a 64 pines, incluyendo también convertidores A/D, temporizadores y puertos seriales.

Además de general los files "hex" y también es capaz de generar los files "asm". De tal manera que sí se pueden hacer modificaciones de bajo nivel.

Otra magnífica característica de este compilador es que además de soportar al PIC16F84 también soporta a muchos otros de la gran familia de MICROCHIP como I los micros Flash PIC16F628, 16F876 y el 16F877.

4.2 Componentes y operadores en PicBasic PRO.

PIC Basic cuenta con una serie de herramientas de programación entre las cuales podemos mencionar las etiquetas, variables, identificadores, constantes, comentarios, símbolos entre otras.

Algunas de estas herramientas son de uso obligatorio a la hora de realizar un programa, y otras que no son de uso obligatorio, nos facilitarán el trabajo considerablemente.

4.2.1.- Define: La directiva “Define” resulta muy importante en la programación de microcontroladores con PicBasic, ya que establece una serie de parámetros que de no ser tomados en cuenta, causará que nuestros programas sencillamente no funcionen en la mayoría de los casos.

Esta serie de parámetros están directamente relacionados con dispositivos externos al microcontrolador. Por ejemplo, si deseamos utilizar un oscilador de diferente frecuencia al valor establecido por defecto (4 Mhz), será conveniente entonces definir la velocidad del mismo utilizando la directiva:

Define Osc {frecuencia}

De igual forma deben ser considerados estos parámetros para el uso de dispositivos como pantallas LCD, donde se deberán definir los puertos de conexión para el bus de datos y bus de control. Así mismo ocurre para el caso de las comunicaciones seriales o I2C, donde los parámetros también deben ser definidos. Veamos a continuación la tabla de parámetros para el uso de la instrucción **Define**.

Como por ejemplo en este proyecto estamos utilizando un oscilador de 4Mhz entonces la primera instrucción en el desarrollo de la programación es: define: OSC 4

4.2.2.- Variables: En las variables podemos almacenar datos temporalmente, los cuales podrán ser consultados o modificados cada vez que sea necesario.

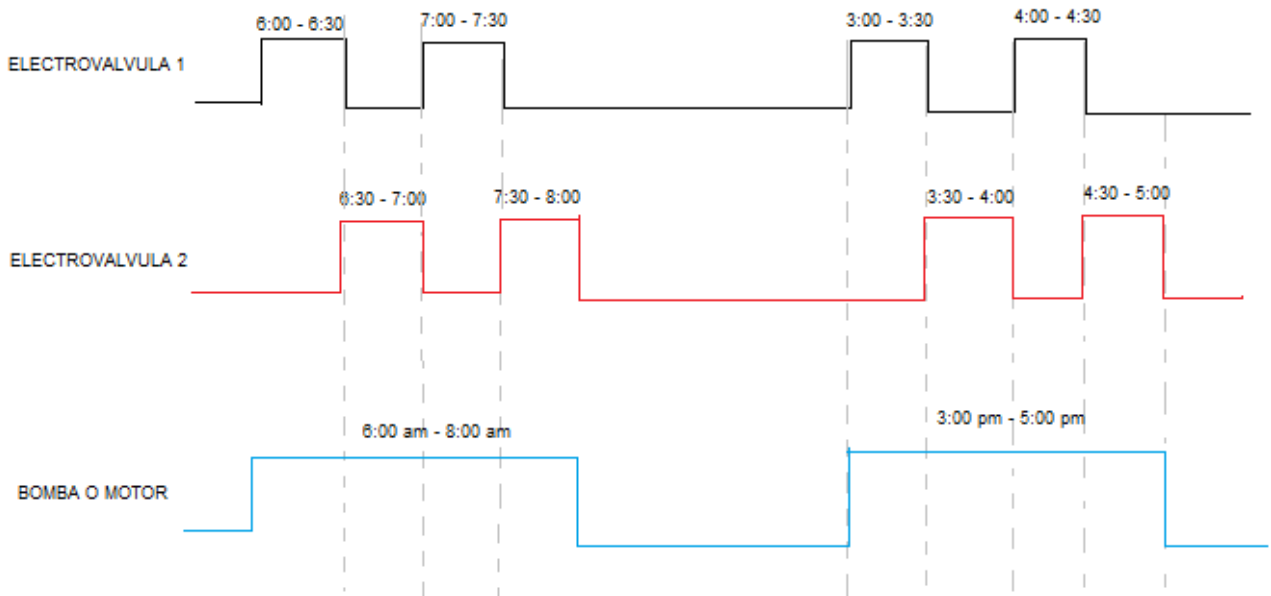
4.3 LOGICA DE LA PROGRAMACION DEL PIC PARA CONTROLAR EL SISTEMA DE RIEGO.

Para satisfacer las necesidades de riego, es necesaria la programación del controlador, para llegar a programación necesitamos saber los requerimientos.

- Como sabemos (según la sección 3.3.5) el tiempo de riego es de 2 horas.
- No es conveniente para el sistema fotovoltaico que el motor este trabajando 2 horas seguidas, por lo tanto ese tiempo lo dividimos en periodos de 30 minutos, 2 ciclos por día. Esto también ayuda al crecimiento del repollo, según expertos en la materia.
- Cada electroválvula tiene 4 ciclos de riego por día.
- El primer ciclo empieza una vez que es accionado el circuito pulsador el circuito. El siguiente ciclo se da 8 horas después.

La siguiente grafica nos ayuda a entender la lógica de la programación.

- La electroválvula 1 esta activada por 2 horas, una hora por la mañana y otra por la tarde, esta electroválvula deja pasar el agua a la mitad de los aspersores, es decir la mitad del terreno es controlada por la electroválvula 1.
- La electroválvula 2, realiza la misma función que la 1, la diferencia es el tiempo de activación que son alternas entre sí, pero el periodo de riego es el mismo, esta electroválvula 2 riega la otra parte del terreno, así cumplimos con el tiempo de riego para el cultivo de repollo que es de 2 horas.
- El motor por lo tanto tiene que trabajar 4 horas al día para llevar el agua por toda la tubería, hasta ser esparcida al repollo.
- Una vez cumplido los dos ciclos, entonces el sistema se apaga solo, el día siguiente deberá ser accionado nuevamente por un operador para realizar el trabajo programado.



4.3.1 PRGRAMACION EN PIC BASIC PRO.

En el controlador PIC16F84A existen puertos de salidas y entradas A y B, el siguiente esquema, nos muestra claramente que pines son del puerto A y los del puesto B.

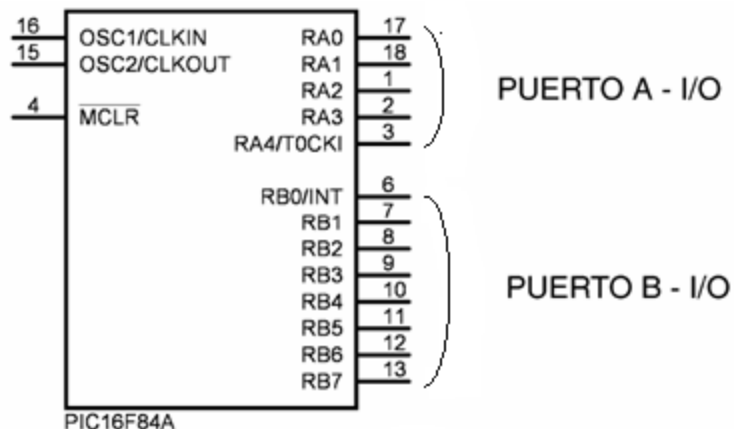


Fig. 4-1 descripción de los puertos del integrado PIC16F84A.

Fuente: www.conexiones.electronicas.com

En un microcontrolador de este tipo tenemos la opción de poder usar diferentes pines para salida y para entradas, es opcional la gusto y las necesidades del programador. En la tabla 3-1 se detallan las funciones de cada una de las patas de este circuito controlador.

- nota: los tiempos están dados en milisegundos, estos tiempos reflejan las horas en el sistema de riego programado por aspersión.

La instrucción “**High**” se encarga de poner un nivel lógico alto en el pin especificado seguidamente. En este caso, primero se escribe el puerto y seguido de un punto, se especifica el número del pin en el puerto que deseamos utilizar.

La instrucción “**Low**” es responsable en este caso de poner el pin especificado en un nivel lógico bajo. Al igual que en la instrucción “High”, se debe especificar el puerto y el pin del puerto a ser utilizado.

Una vez teniendo la programación, solo resta quemar el PIC16F84A y poner a trabajar el sistema de riego por aspersión.

4.4 FLUJOGRAMA.

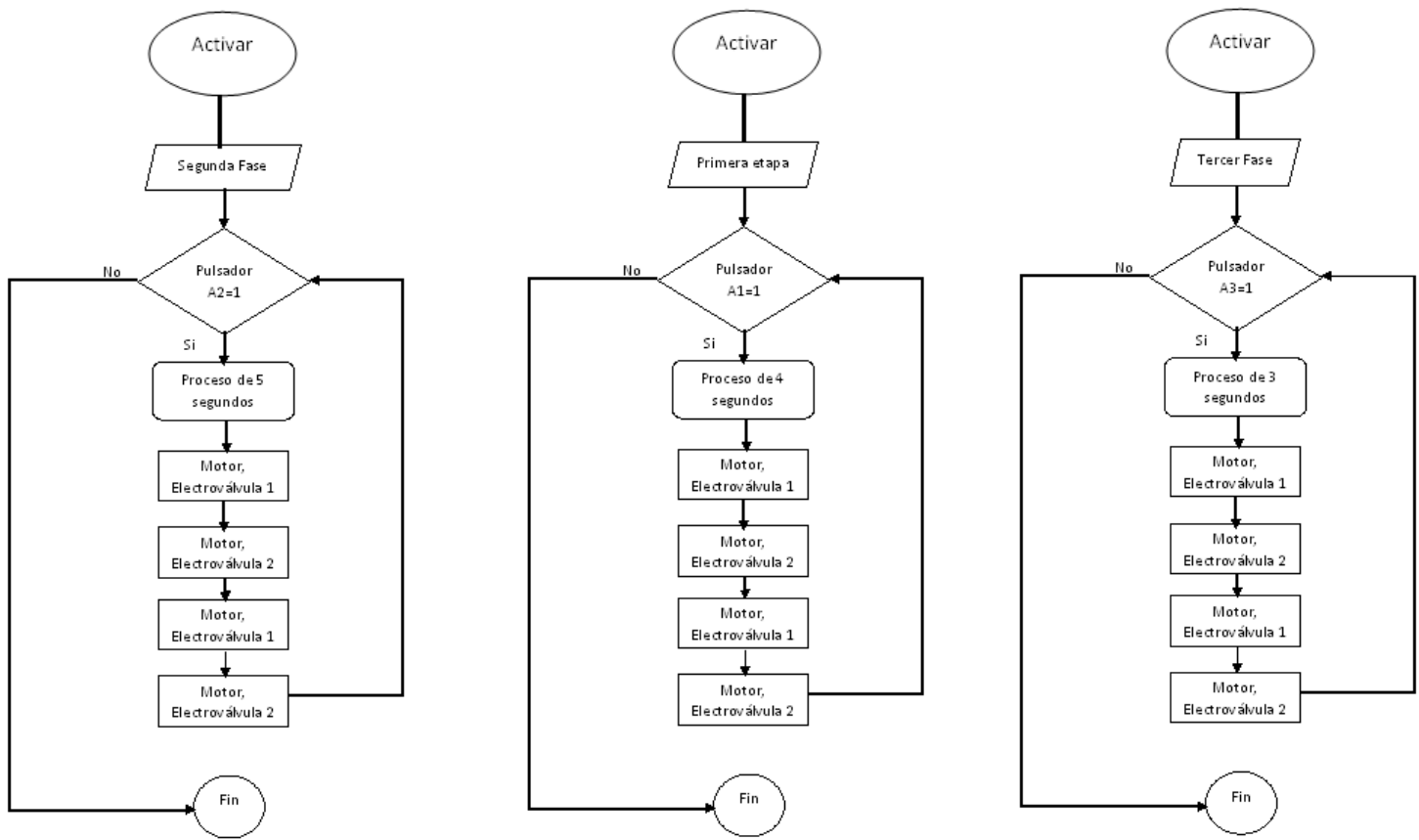


Ilustración 4-1 esta ilustración nos representa la programación del PIC, y su modo que trabaja en este proyecto.

CAPITULO V. SISTEMA FOTOVOLTAICO COMO FUENTE DE ALIMENTACION PARA EL SISTEMA DE RIEGO.

5.1 Definición

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.^{3 4} Entre los años 2001 y 2014 se ha producido un crecimiento exponencial de la producción de energía fotovoltaica, doblándose aproximadamente cada dos años.

5.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.

5.2.1 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 semiconductos próximos de distinto tipo, por lo que se produce un campo eléctrico con la capacidad de generar corriente, como indica la figura 5.1. a).

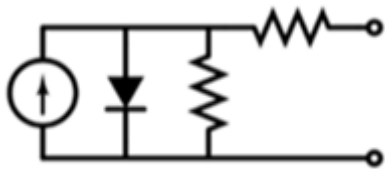


Fig. 5-1, a) Fuente: www.google.com.ni

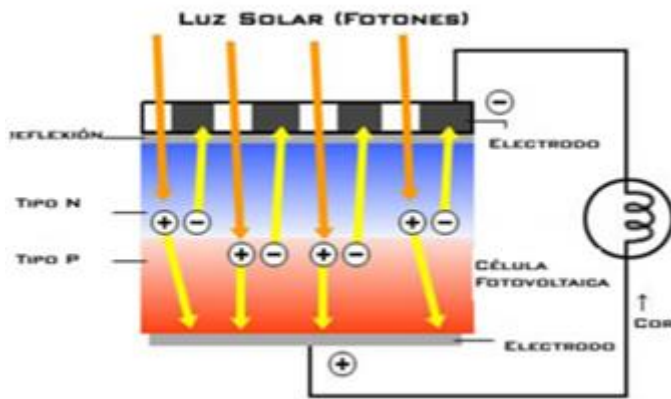


Fig. 5-2 b) estructura química de la celda fotovoltaica. Fuente: www.google.com.ni

El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son:

Radiación de 1000 W/m^2

Temperatura de célula de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (no temperatura ambiente).

5.3 TIPOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS.

Los paneles fotovoltaicos se dividen en:

5.3.1- Monocristalino. 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%.



Fig. 5-1 Panel monocristalino.
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.

5.3.2- Policristalinas: cuando 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%.

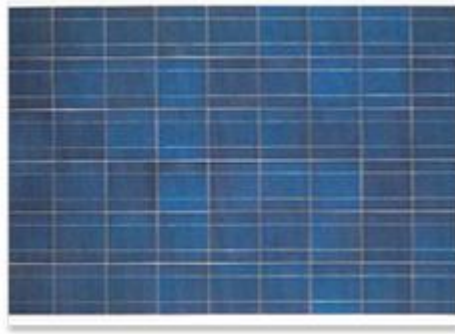


Fig. 5-2 Panel policristalino.
Fuente: www.monografias.com

5.3.3- Amorfos: 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° 4.6)



Fig. 5-3 Panel arfo. Fuente: www.monografia.com

5.3.4- 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.



Fig. 5-4 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.

5.4 ORIENTACION Y ANGULO DEL INSTALACION DEL MODULO DE PANELES..

Un elemento auxiliar importante en un sistema fotovoltaico es la estructura de soporte del panel solar, esta estructura permite sostener adecuadamente el panel, de tal forma que resista a la acción los elementos y orientar el panel adecuadamente para maximizar la energía generada.

Con el fin de maximizar la energía obtenida de un panel solar es esencial su correcta ubicación con respecto al sol de tal forma que se pueda maximizar la irradiación. Cuanto más perpendicular la luz incida sobre el panel mayor es la energía producida, si el panel está fijo dos son los parámetros importantes para maximizar la energía producida a lo largo del día: por un lado el ángulo de inclinación con respecto a la horizontal y por el otro la orientación del panel con respecto a los puntos cardinales (ver figura N° 5-5).

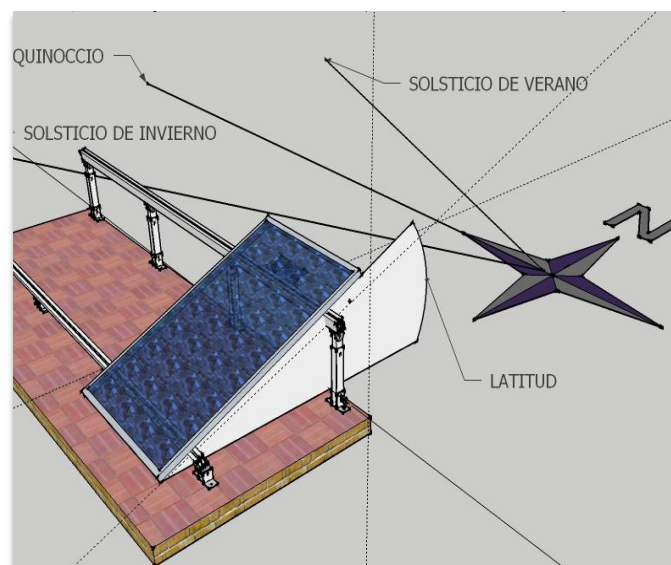


Fig. 5-5 posición angular de los paneles solares.
Fuente: www.monografias.com

En cuanto a la orientación, en el hemisferio norte los paneles deben orientarse hacia el sur, mientras que en el hemisferio sur deben estar orientados al norte, la orientación debe ser hacia el norte o sur geográfico, en general, no se corresponde exactamente con el norte o sur magnético.

En cuanto a la inclinación, esta depende de la latitud del lugar donde se encuentre el panel. Mientras más cerca del ecuador se encuentra, menor debe ser el ángulo, mientras más lejos del ecuador mayor deberá ser el ángulo. Los fabricantes de paneles solares ofrecen algunas claves para la correcta selección del ángulo.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es la estación del año, el ángulo de inclinación debe ser mayor en invierno y menor en verano.

5.5 PARTES ESENCIALES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.

5.5.1 Regulador o Controlador.

Esta parte del sistema fotovoltaico tiene por finalidad producir el acople correcto entre el panel, la batería y la carga (aplicaciones). En general puede cumplir las siguientes funciones:

- Proteger las baterías de los riesgos de sobrecarga y descarga profunda regulando la entrada de corriente proveniente del panel a la batería, y la salida de corriente de la batería a la carga (aplicaciones), evitando que la batería se sobrecargue o que trabaje con voltajes por debajo de lo permitido.
- También sirve para impedir la eventual corriente que pueda fluir de la batería hacia el módulo FV en períodos sin sol.

El regulador eléctrico ejerce esta función desconectando y reconectando panel y carga en el rango de valores indicado por el fabricante del regulador o normas técnicas de referencia.

5.5.2 Baterías de acumulación.

La batería es un dispositivo que tiene como función almacenar la electricidad FV generada y suministrarla a los equipos de uso cuando lo demanden.

Existen varios tipos de baterías que pueden servir para estos fines. En los sistemas FV que venimos tratando se usa comúnmente las baterías plomo-ácido. El voltaje de la batería determina el voltaje del sistema.

Normalmente ocurrirá que el ciclo de demanda de energía no coincide con la disponibilidad de energía generada por el panel FV. Para adecuar el suministro a la demanda se recurre a la acumulación de la energía. Esta puede servir para:

- Almacenar el excedente producido en el día para ser consumido en la noche.
- Tener suficiente capacidad de almacenamiento como para cubrir las necesidades de varios días, de forma de sobrepasar sin problemas varios días sucesivos de baja insolación.
- Almacenar el excedente generado durante un período más largo (una estación por ejemplo) para consumirlo durante otro período posterior de duración similar.

Una batería acoplada a un sistema fotovoltaico tiene la ventaja adicional de imponer una fuente de voltaje casi constante entre panel y carga. Esto conduce a que el panel operará con mayor eficiencia ya que estaremos más cerca de los puntos de potencia máxima a distintos niveles de insolación.

Las baterías se clasifican en primarias y secundarias. Las primarias están diseñadas para usarse sólo una vez puesto que se consumen los reactantes químicos que la constituyen durante su descarga.

Las secundarias son diseñadas para poder ser recargadas y usadas muchas veces. Se aplica energía eléctrica a sus terminales y se invierte la reacción

electroquímica, almacenando energía como potencial químico. Las primarias se usan en sistemas con consumos de energía pequeños y de bajo costo inicial. Las secundarias son para consumos de energía mayor que justifican el mayor costo inicial y, eventualmente, el equipo de recarga.

La capacidad de una batería se expresa en Ampere-horas(Ah). Esta es la corriente de descarga obtenible en un cierto intervalo de tiempo hasta que el voltaje baje a un valor mínimo.

5.5.3 Inversor fotovoltaico.

Un inversor transforma la electricidad de corriente continua CC almacenada en baterías o en fuentes de energía renovable, en energía de CA estándar de uso doméstico.

El inversor es la pieza clave de la generación fotovoltaica, de hecho su potencia es la que marca la potencia de la instalación completa, su misión es transformar la corriente continua CC generada en el campo fotovoltaico en corriente alterna CA, lista para ser consumida. A pesar de esa importante misión su tamaño es reducido y su precio no suele llegar al 10% del proyecto completo.

Los inversores se clasifican en dos grupos, el primer son los inversores conmutados por la red, por ser esta la que determina el fin del estado de conducción en los dispositivos electrónicos, su aplicación es para sistemas fotovoltaicos conectados a la red. El otro grupo son los inversores de conmutación forzada o auto conmutado son usados para sistemas fotovoltaicos aislados y permiten conseguir corriente alterna mediante la apertura y cierre forzada del sistema de control.

El inversor debe hacer trabajar al generador fotovoltaico en su punto de máxima potencia, esto lo consigue colocando un convertidor Corriente continua – Corriente alterna, CC-CA delante del propio inversor, ajustando la tensión de

entrada del inversor a la tensión de máxima potencia del generador fotovoltaico.

5.5.3.1 Principales parámetros del inversor fotovoltaico.

1 Entrada corriente continúa

- Potencia máxima del generador:
Indica la potencia pico a instalar en el campo fotovoltaico. Variará en función del tipo de instalación, esto es, con o sin sistema de seguimiento y de la ubicación geográfica, es decir, de la irradiación a la que está sometido el campo fotovoltaico. Se suele instalar una potencia para una instalación fija entre un 10 - 15% superior a la nominal del inversor y para una instalación con seguimiento en dos ejes entre un 5 - 10% superior, ya que se incluyen las pérdidas del lado de corriente continua y que las condiciones STC (1000W/m² – 25°C) sólo se dan en períodos muy determinados.

- Corriente máxima de CC:
Es la máxima corriente que el inversor puede extraer del campo fotovoltaico.

- Rango de tensión del punto máxima potencia (MPP):
Es el rango de tensiones en el cual el inversor es capaz de realizar el seguimiento del punto de máxima potencia del generador, obteniendo así la máxima producción.

- Tensión en corriente continua (CC) máxima:
Es la tensión máxima a la que puede operar el inversor sin que peligre su integridad. Viene determinada por el aislamiento eléctrico de sus componentes. No se debe superar bajo ningún concepto y se debe tener

en cuenta la tensión de circuito abierto Voc del campo fotovoltaico con condiciones de temperatura bajas y radiaciones altas. Se aconseja dimensionar este parámetro de forma que no se supere la tensión máxima en circuito abierto del inversor con una radiación de 1000 W/m² y una temperatura de célula de -10°C.

- Número de rastreador de punto de máxima potencia (MPPT):
Indica el número de seguimientos de máxima potencia que puede realizar el inversor. Generalmente existe un seguimiento de máxima potencia por inversor, aunque existen inversores con más de 1 seguimiento de punto de máxima potencia.

2 Salida corriente alterna

- Potencia nominal y máxima en corriente alterna (AC):
Indica la potencia del lado de corriente alterna que el inversor puede generar de forma continua y máxima, normalmente con una temperatura ambiente de 40°C.
- Corriente nominal AC:
Indica la corriente del lado de corriente alterna que el inversor puede generar de forma continua, normalmente con una temperatura ambiente de 40°C.
- Corriente máxima AC:
Máxima corriente que el inversor puede generar. Normalmente los inversores poseen protecciones contra desequilibrios en la generación, controlando la corriente generada por fase, generando una alarma y la parada del equipo en caso de desequilibrio.
- Frecuencia nominal AC y margen de tolerancia:
Indica la frecuencia de trabajo del equipo y viene fijada por la red a la cual está conectada. Para Nicaragua el valor nominal es de 60 Hz. El comportamiento del inversor ante un valor fuera de rango es el mismo que para el valor de tensión.

- Tensión nominal AC y rango de tensión:

Tensión de trabajo del inversor en el lado de corriente alterna. Normalmente los equipos se desconectan en caso de estar bajo una tensión fuera de rango, esperando a que la tensión esté dentro de las especificaciones para volver al funcionamiento de forma automática.

Relacionado con el contenido armónico de la onda de corriente y con la utilización o no de aislamiento galvánico, está el efecto no deseado de la inyección de corriente continua a la red de suministro. Esto puede causar saturación en los transformadores, dando lugar a elevadas corrientes que pueden hacer que entren en funcionamiento las protecciones y por tanto, una caída general de la red en un determinado sector.

- Factor de potencia:

Características propias del inversor son el Factor de Potencia o Coseno de Phi ($\cos \phi$) -iguales siempre y cuando no tengamos presencia de armónicos-, los que indican la relación entre la potencia aparente y la potencia activa el primero y el desfase entre la tensión y la intensidad en corriente alterna el segundo. La mayoría de los fabricantes indican un Factor de Potencia de 1 o próximo a la unidad a potencia nominal.

5.5.3.2 Tipos de inversores:

Existen una gran variedad de inversores que se caracterizan por su tipo de onda tales como son: los inversores de onda cuadrada, los inversores de onda senoidal pura y de onda senoidal modificada.



Fig. 5-6 inversor de onda senoidal.
Fuente: www.google.com.ni

En nuestro sistema se estará usando un inversor de onda senoidal pura También conocida como onda sinusoidal pura, son los más sofisticados del mercado actual. Diseñada para reproducir la energía suministrada por las compañías eléctricas, la onda sinusoidal es la mejor forma de onda eléctrica para alimentar equipos electrónicos más sofisticados, por ejemplo, impresoras láser, máquinas para hacer pan y televisores de pantalla plasma. Los inversores de onda sinusoidal eliminan los problemas de rendimiento e incompatibilidad, por ejemplo, las rayas en las pantallas de los televisores y el ruido de fondo en sistemas de sonido, suelen ser más caros que los inversores de onda sinusoidal modificada.

5.6 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERCIION PROGRAMADO.

En este proyecto se propone utilizar un de sistemas de paneles fotovoltaicos aislados conocidos como autónomos son los que se emplean en aquellos lugares donde no se tiene acceso a la red eléctrica. Este sistema es el que se usa en la alimentación de nuestro proyecto.

Para determinar la cantidad de paneles solares que se debe utilizar es necesario determinar algunas magnitudes como es la potencia total del sistema y otras variables que se presentan en las siguientes secciones de este capítulo.

5.6.1 Censo de carga.

El censo de carga es el paso principal para determinar las cargas que serán conectadas al sistema fotovoltaico y saber cuánta potencia demanda todo el equipo electrónico que utiliza nuestro sistema de riego automatizado. Con esta información se inicia el cálculo de los paneles fotovoltaicos y se determina el inversor a utilizar, los equipos que se alimentan trabajan con 220V/60Hz.

Tabla 5-1

Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Hora de uso por DIA	Total carga WH/DIA
Motor	1	1492	4	6000

Electroválvula	2	15	2	60
CK controlador	1	5	4	20

Total WH/DIA=====	6048
-------------------	------

5.7 CONSIDERACIONES DE UBICACIÓN DEL SFA

El diseño del sistema fotovoltaico comienza con el análisis de la situación del emplazamiento, teniendo en cuenta la latitud, longitud, altitud y orientación de la superficie.

5.7.1- Consideración 1. Posición geográfica

Lo más conveniente para instalar los módulos solares es de acuerdo a la posición geográfica donde se ubica la instalación, en este caso en dirección sur.

5.7.2- Consideración 2. Viabilidades:

Los factores que se toman en cuenta son la producción (generación) a ubicación de poner los paneles fotovoltaico en la parte este de la finca, seguridad, costos, viabilidad, potencia, donde se busca la mejor relación de estos factores.

5.7.3- Consideración 3. Sombra en los paneles fotovoltaicos:

Se realizó el análisis de los obstáculos existente en la cubierta que puede afectar con sombras al campo fotovoltaico y perjudicar directamente la producción de energía. Este proceso permite realizar la configuración y distribución preliminar del sistema sobre la cubierta. Calculando el número de módulos que se puede colocar y potencia pico de la instalación.

5.8 Emplazamiento del SFA en la finca.

5.8.1 Radiación, inclinación y orientación de los módulos fotovoltaicos.

La latitud, la longitud y la altitud son para metros importantes para determinar la radiación disponible en el lugar donde se construirá el sistema fotovoltaico. Los datos de radiación son datos obtenidos de la base de datos de INETER y representado en la tabla siguiente.

PROMEDIO DE RADIACIÓN SOLAR (kWh/m²/día)

Tabla 5-2 Fuente: ENITER

En ero	Febr ero	Ma rso	A bri l	Ma yo	Ju nio	Ju lio	Ago sto	Septie mbre	Octu bre	Novie mbre	Dicie mbre	an ual
4.4 1	4.83	5.4 8	5. 29	4.2 2	3.6 6	3. 20	3.4 5	3.91	4.11	4.19	4.31	4.2 5

La tabla 5-2 muestra el nivel de radiación de energía en la ciudad de Jinotega, la base meteorológica internacional muestra una media diaria sobre la superficie horizontal $G_a(0)=4.25$ kWh/m²/día.

Un para metro más a tomar para en cuenta es la temperatura media diaria. En la ciudad de Jinotega la temperatura media anual es de 26.3 °C, según la base de datos de INETER (instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales).

Calculo del ángulo óptimo (β_{opt}) de inclinación de los paneles fotovoltaicos.

$$\beta_{opt} = 3.7 + (0.69 * \Phi) \quad (\text{Ec.5-1})$$

$$\beta_{opt} = 3.7 + (0.69 * 13^{\circ} 09')$$

$$\beta_{opt} = 3.7 + (0.69 * 13.15)$$

$$\beta_{opt} = 12.77^{\circ}$$

Donde Φ es la latitud de Jinotega.

Los paneles se instalarán sobre una armadura metálica estable donde esta tendrá la inclinación con un ángulo de 12.77° para aprovechar el máximo la radiación solar. Esta estará ubicada en un sitio donde no haya obstáculo para la radiación solar.

Calculo de la irradiación en Jinotega

La irradiación sobre la superficie óptima se calcula de la ecuación

$$G_a(\beta_{opt}) = G_a(0)/[1 - 4.46 * 10^{-4}\beta_{opt} - 1.19 * 10^{-4}(\beta_{opt})^2] \quad (\text{Ec.5-2})$$

$$G_a(\beta_{opt}) = 4.25/[1 - 4.46 * 10^{-4}12.77 - 1.19 * 10^{-4}(12.77)^2]$$

$$G_a(\beta_{opt}) = 4.25/[1 - 0.00569542 - 0.0194056751]$$

$$G_a(\beta_{opt}) = 4.25/0.9748989049$$

$$G_a(\beta_{opt}) = 4.359426376 \text{ kWh/m}^2/\text{dia en Jinotega}$$

Este dato nos indica que al proponer o instalar un sistema fotovoltaico en Jinotega es factible debido a que hay buena irradiación para producir suficiente energía.

5.8.2 Consideraciones del arreglo fotovoltaico.

Para determinar el rango de tensión admisible a la entrada del inversor, se deben asociar en serie un número de módulos por ramal, de forma que el MPPT este entre las tensiones del punto de máxima potencia del ramal y así permitir que el panel entregue la máxima potencia extraíble. También hay que tener en cuenta la tensión de desconexión del inversor y la estabilidad de la tensión a la salida del inversor. El valor máximo de la tensión de entrada al inversor corresponde a la tensión de circuito abierto del generador fotovoltaico cuando la temperatura del módulo es mínima.

5.8.3 DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE PANELES A UTILIZAR EN EL SISTEMA DE RIEGO.

Utilizar una formula empírica para Calculo Simplificado:

$$E = (5-L/15) * (1+ L/100) * P \quad (\text{Ec.5-3})$$

E = Energía entregada por panel (watts-hora)

L = Latitud (grados)

P = Potencia de los paneles (w)

$$E = (5-13.15/15) * (1+ 13.15/100) * 200W$$

$$E=933.11 \text{ Watts-días}$$

$$\text{Número de Paneles} = \text{Consumo diario}/E. \text{ Aportada por panel} \quad (\text{Ec.5-4})$$

$$\text{Número de Paneles} = 6048\text{Watts-día}/933.11\text{Watts-día}$$

$$\text{Número de Paneles} = 6.48 \approx 7$$

Se redondea a 7 paneles fotovoltaico de 200W cada uno, ya que tiene que ser un número entero y se necesita tener la potencia suficiente para cubrir la demanda.

La tensión en línea se calcula teniendo en cuenta la tensión de potencia máxima de cada módulo. Si observamos las características del módulo utilizado su tensión de potencia máxima es: $V_{pmax} = 44.64v$, la tensión total se obtiene de la siguiente manera:

$$V_{total} = V_{pmax} * 7 \text{ paneles}$$

(Ec.6-5)

$$V_{total} = 44.64v * 7 \text{ paneles}$$

$$V_{total} = 312.48V$$

5.8.4 Número de baterías

Capacidad batería = (Consumo x Días de autonomía)/Voltaje del sistema
(Ec.5-6)

Número de baterías = Capacidad requerida /Capacidad de la batería (Ec.5-7)

Días de autonomía = Días de baja intensidad solar, generalmente se toman 3 días.

Voltaje del sistema = se selecciona un voltaje del sistema igual a 12 Voltios.
Capacidad de la batería= 105 Ah

Sustituyendo en la Ecuación (5-6) y (5-7)

Capacidad requerida de batería = $(6048\text{Wh} \times 3) / 12 \text{ V} = 1512\text{Ah}$

Número de baterías = $1512\text{Ah}/105\text{Ah} = 14$

Número de baterías = 14 batería de 105 Ah

5.8.5 Equipamiento de un sistema fotovoltaico.

Con los datos climáticos de la zona y terminado el censo de carga se procedió a realizar un diseño o dimensionado del sistema. Se seleccionó el panel, batería controlador e inversor a utilizar conforme a las características eléctricas. Los resultados obtenidos dieron un diseño inicial con 7 paneles de 200 W conectados en serie y 14 baterías un controlador y un inversor.

5.8.6 Selección del panel Mono- de silicio cristalino

Tabla 5-3 características del panel monocristalino. Fuente: SUNISOLAR.

especificaciones de 200w monocristalino solar el panel	
Modelo	sy200m
de la célula tipo	Mono- cristalino de silicio
de la célula Tamaño(mm)	125*125mm

No hay. de Celular(conexiones)	6*12
Dimensión(mm)	1580*808*40
Peso(kg)	16 kilogramos
elétrica características	
la máxima de energía en Stc(pm)	200w
abierto circuito Voltaje(voc)	44.64v
corto curcuit Actual(isc)	5.84 ^a
de tensión en pmaxt (vmp)	37.58v
actual ar Pmaxt(imp)	5.32 ^a
los límites	
euse de calificación	10 ^a
la máxima el sistema de tensión	vdc 1000
de funcionamiento temprature	& lsquo;- 40~+90
temprature los coeficientes	
Noct	44.4& plusmn; 2
temprature coeficiente de isc	0.06%
temprature coeficiente de voc	- 0.397%
temprature coeficiente de de energía	- 0.549%
de la construcción	
la parte delantera	de alta De transmisión, bajo- hierro templado de vidrio
la parte posterior	Tpt, la resistencia de de alta La presión, resistente a la humedad, y Anti- edad Etc.
Encapsulante	De alta- la resistencia eva
Marco	En primer lugar- clase de aluminio
Otros	
Stc: Am1. 5, 1000w	
de energía De la tolerancia:& plusmn; 3%	

Certificadas: ce y iso9001

De garantía: 5 años de los productos De garantía, y 10 años 90% de De energía,
25 años 80% de de energía

5.8.7 Bateria Synthesis Power 12V/105Ah

Las Baterías Synthesis Power garantizan mayor retención de carga para el uso en sistemas solares domésticos, garantizándole un mayor rendimiento en su uso. Estas baterías están hechas especialmente para el uso en sistemas fotovoltaicos. Este tipo de baterías es el adecuado para este sistema de riego, tiene un tiempo de vida de aproximadamente 8 años.



Fig. 5-7 banco de Baterías Synthesis power.
Fuente: propia.

5.8.8 REGULADOR PHOCOS CML 20A

Características:

- Incluye una función de desconexión de bajo voltaje que desconecta la carga cuando las baterías muestran un voltaje por debajo del nivel recomendado.
- Equipa un microcontrolador que proporciona una alta eficiencia en la carga de baterías.
- Permite la visualización del estado de carga de las baterías mediante leds.

-Incluye una alarma que avisa la carga baja de las baterías y opciones de seguridad.

-La compensación de temperatura en tres fases PWM para la carga de baterías se puede ajustar para dos tipos de baterías selladas plomo-ácido y baterías ventiladas de plomo-ácido.

- Máxima corriente de carga: 20A.

- Apto para todo tipo de baterías: plomo (GEL, AGM, solar monoblock).

- Sección del cable: <16 mm².

- Peso: 160 gramos.

- Dimensiones: 80mm x 100mm x 32mm.

- Tipo de protección: IP22.

5.8.9 INVERSOR MAGNUM MS 4448 4400W PAE 120V-240V

Una de las decisiones más importantes que se deben tomar en este tipo de diseños es la elección correcta del inversor. Para la elección de un inversor que cumpla tanto las normas establecidas por el pliego de condiciones técnicas, como los requerimientos técnicos que imponen los paneles solares, se calcularán las tensiones y corrientes máximas y mínimas que podrán tenerse a la salida el generador teniendo en cuenta tanto el funcionamiento normal de los paneles solares a la hora de entregar la máxima potencia como el funcionamiento de los paneles solares cuando están sometidos a condiciones de temperatura distintas a las establecidas en las condiciones estándar de medida.

Descripción:

El MS-PAE Series de onda sinusoidal pura inversor / cargador

El MS-PAE 120/240V Inversor / Cargador Serie de Magnum Energy es un inversor de onda sinusoidal pura diseñado específicamente para las

aplicaciones más exigentes de energía renovable. La serie MS-PAE es potente y fácil de usar, y lo mejor de todo, rentable.

El diseño accesible: La cubierta de acceso de CA extra grande con bloqueo de tornillo terminal y 360 ° CC terminales de conexión con las cubiertas hacen de este inversor más accesible cuando se necesita estar.

Interruptores convenientes: La Serie MSPAE viene con un interruptor inversor montado on / off con un indicador LED de fácil lectura.

5.8.9.1 Especificaciones eléctricas del inversor MAGNUM MS 4448 4400W PAE 120V-240V.

Pico Eficiencia del inversor: 94%

CC máxima de voltaje de entrada: 68V

Entrada de CC máxima actual: 144A

AC Voltaje nominal: 120 V 240 V

AC Frecuencia: 60Hertz

Continua AC Potencia de salida: 4400Watts

Voltaje nominal CA: 120Voltios

Datos mecánicos y componentes

Dimensiones: 13,75 x 12,65 x 8 pulgadas

Peso: 55 libras

El sistema propuesto es apto para la alimentación del sistema de riego por aspersión, la potencia extraída de los paneles solares es suficiente para abastecer todo el proyecto. El costo de inversión de los paneles solares está alrededor de 5 mil dólares.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES

Considerando los resultados de estudio de este proyecto, llegamos a las siguientes conclusiones.

- La finca “Palacios” está en una buena posición geográfica apta para la implementación de este proyecto de riego por aspersión, el cultivo del repollo es un tipo de legumbre que necesita de distintas cantidades de agua durante su crecimiento, por eso es indicado tratarlo con un sistema programable para que este tenga el agua que necesita.
- Para el diseño de un sistema de riego por aspersión programado nada mejor que utilizar un micro controlador PIC, estos circuitos son de bajo costo y su manipulación es muy práctica, el tamaño es muy reducido por lo que el circuito puede incluirse en la parte del sistema fotovoltaico para mayor protección de este. Este diseño del proyecto es perfecto para las necesidades que presenta la finca del señor Marlon Palacios.
- La herramienta PIC BASIC PRO, es un arma muy fácil de usar para la programación de un PIC, este software lo podemos obtener gratuito y no es necesario ser un experto en la materia para manipularlo, es la mejor opción cuando se necesita programar un Micro controlador.
- El uso de los paneles fotovoltaicos es de suma importancia en este proyecto, esto nos evita costos mayores en pago de facturas eléctricas, el departamento de Jinotega cuenta con el suficiente brillo solar para implementar estos dispositivos. Esta es una inversión a mediano plazo, pero es mucho más factible que usar motores por combustión para el riego del cultivo.

El proyecto cumple todos los estándares necesitados por la finca, este sistema de riego es una excelente propuesta para la propiedad del señor Palacios, el costo no es muy elevado, y está diseñado con dispositivos de buena calidad.

CAPITULO VII: ESTUDIOS DE COSTOS.

7.1 COSTO DEL CIRCUITO ELECTRONICO

DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$	DISTRIBUIDOR
PIC 16F84A	1	10	10	ADOLFO GRUBER
OSCILADOR DE CRISTAL	1	2.50	2.50	ADOLFO GRUBER
RESISTENCIAS	3	0.2	0.6	ADOLFO GRUBER
CONDENSADOR CERAMICO	2	0.3	0.6	ADOLFO GRUBER
ELECTROVALVULAS	2	75	150	ACUATEC
BOMBA CENT. FRANKLIN TURF BOSS ATB2CI 2HP	1	679.97	679.97	BOMBOSA
TABLA PERFORA	1	1.15	1.15	TELEREPUESTOS
RELE 6V	3	1.50	4.50	ADOLFO GRUBER
FUENTE MOTOROLA	1	5.00	5.00	ADOLFO GRUBER
CABLES DE ALIMENTACION #10	300m	1.10	330	SINSA

SUB TOTAL	852.42
IMPUESTO	0.00
TOTAL	852.42
EQUIVALENTE EN CORDOBAS	20969.532

7.2 COSTOS DEL SISTEMA DE RIEGO.

DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD \$	COSTO TOTAL \$	DISTRIBUIDOR
TUBOS PVC 2"	8	7	56	SINSA
TUBOS PVC 1/2"	406	3.75	1522	SINSA
CODOS	20	0.5	10	SINSA
CONECTORES T	129	0.5	74.8	SINSA
ASPERORES	124	9.99	1238.76	SINSA
PEGA PVC	2 GAL	150	300	SINSA

SUB TOTAL	3201.56
IMPUESTO	0.00
TOTAL	3201.56
EQUIVALENTE EN CORDOBAS	78758.376

7.3 COSTOS DEL SISTEMA DE PANELES FOTOVOLTAICO

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD \$	COSTO TOTAL	DISTRIBUIDOR
MODULO DE PANELES SOLARES 200W	7	360	2520	TECNOSOL
BATERIA ABIERTA	14	125	1750	TECNOSOL
REGULADOR PHOCOS	1	60	60	TECNOSOL
KIT P/ESTRUCTURA DE UN PANEL SOLAR	2	7.30	14.60	TECNOSOL
INVERSOR MAGNUS 440W 120-240V	1	1,800	1,800	TECNOSOL
KIT DE ACCESORIOS ELECTRICOS	1	150	150	TECNOSOL
SERVICIO DE MANO DE POR INSTALACION	1	480	480	TECNOSOL

SUB TOTAL	6,774.6
TOTAL IMPUESTO	0.0
TOTAL GENERAL	6,774.6
EQUIVALENTE EN CORDOBAS	166,655.16

7.4. ANALISIS COMPARATIVO

El análisis económico es esencial en todos los proyectos para medir la factibilidad de cambios en los sistemas productivos, este proceso permitirá tener aceptación por parte de inversionistas e instituciones orientadas a promover sistemas alternativos de riego amigable con el medio ambiente.

Actualmente, la finca Palacios, que es donde se desarrolla el presente estudio, posee un sistema de riego por inundación que requiere de un sistema de tuberías, las que son desplazadas por todo el cultivo continuamente por al menos 3 personas. Asimismo, se utiliza un motor de combustión de 10hp con una bomba de centrifugado de alta presión que consume 6 galones de combustible por cada día de riego. Cabe destacar que en el desplazamiento de las tuberías se pierden muchas matas de repollo, lo que disminuye la producción lista para la venta, a la vez que la calidad de este sistema no es el más óptimo debido a que el riego no está de acuerdo a la cantidad de agua que la mata necesita, lo que afecta el precio al momento de la venta.

El tiempo de cultivo del repollo es de 3 meses, período durante el cual se requiere de riego continuo. Actualmente, se pierden aproximadamente un 7%

del total de las 40,000 matas de repollo sembradas, de acuerdo a la experiencia del dueño de la finca. Ésta pérdida en gran parte por las características del sistema actual.

7.4.1 Sistema Actual

La inversión inicial del sistema de riego por inundación que actualmente utiliza la finca Palacios consistió en C\$37.0 M.

Cifras en miles de córdobas

Sistema de tubería	C\$ 7.00
Sistema de bombeo	C\$ 30.00
Total	C\$ 37.00

Con la calidad media que obtiene el repollo de la finca Palacios se obtiene un precio promedio de \$8 córdobas por repollo con la empresa “Hortifruti” que es la surte a los supermercados del país, lo que con una producción media de 37,200 repollos se obtienen ingresos por venta total de C\$297.60 M.

unidades producidas	40,000
Pérdidas de producción (%)	7%
Pérdidas de producción (unidades)	2,800
Unidades disponibles para venta	37,200
Precio de venta	C\$ 8.00
Ingresos (en miles de C\$)	C\$ 297.60

En cuanto a los gastos de producción que posee la finca de referencia estos ascienden a C\$ 153.02 M., de acuerdo al siguiente desglose:

Cifras en miles de córdobas

Descripción	Costo
Semilla de repollo	C\$ 0.80

Preparación del terreno	C\$ 2.00
Mano de obra (3 meses).	C\$ 33.75
Insumos agrícolas	C\$ 80.00
Combustible (3 meses)	C\$ 36.47
Costo Total	C\$ 153.02

Con los ingresos y gastos detallados, el productor obtiene una ganancia de C\$144.58 M.

Cifras en miles de córdobas

Venta total del repollo	297.60
Costo total	C\$ 153.02
Ganancia	C\$ 144.58

7.4.2 Sistema Propuesto

Utilizando el sistema de riego por aspersión programable con fuente de alimentación de celdas fotovoltaico se obtiene una mejor calidad y tamaño de la producción generando un mejor precio con “Hortifruti” de C\$12 por mata de repollo. Esto debido a las ventajas que ofrecen los aspersores que son fijos y al sistema de programación adecuado a la cantidad de agua que requiere el repollo, disminuyendo las pérdidas de un 7% a un 3% de la producción, obteniendo una venta de C\$465.60 M. por cosecha.

unidades producidas	40,000
Pérdidas de producción (%)	3%
Pérdidas de producción (unidades)	1,200
Unidades disponibles para venta	38,800
Precio de venta	C\$ 12.00
Ingresos (en miles de C\$)	C\$ 465.60

Otro de los beneficios que tendrá al utilizar este sistema es que se ahorrará una gran cantidad de dinero en la compra de combustible para el motor ya que

sus 7 paneles fotovoltaicos y los componentes que lo conforman le proveerán la energía suficiente para poner en funcionamiento todo el sistema de riego por aspersión programable.

El sistema de riego por aspersión programable alimentado por energía fotovoltaica tiene un costo de C\$245.91 M. equivalentes a U\$9.34 M. apróx. Desembolso inicial para instalación y preparación del sistema.

En cuanto a los gastos de producción utilizando este nuevo sistema ascienden a C\$72.80 M., destacándose el ahorro por el no uso de combustible así como el ahorro en la cantidad de insumos agrícolas utilizados actualmente para compensar las deficiencias de riego. Detalle de estos a continuación:

Cifras en miles de córdobas

Descripción	Costo
Semilla de repollo	C\$ 0.80
Preparación del terreno	C\$ 2.00
Mano de obra (3 meses).	C\$ 10.00
Insumos agrícolas	C\$ 60.00
Combustible (3 meses)	C\$ 0.00
Costo Total	C\$ 72.80

En cuanto al nivel de ingresos se esperan los resultados siguientes:

Cifras en miles de córdobas

Venta total del repollo	465.60
Costo total	C\$ 72.80
Ganancia	C\$ 392.80

7.4.3 Comparación de los sistemas

Comparando el sistema de riego por inundación con el sistema de riego por aspersión programable alimentado por energía fotovoltaica es más eficiente este último, con un costo de producción más económico por cosecha y generador de ahorros.

Si bien se requiere una inversión inicial de C\$245.91 para la implementación del sistema de energía fotovoltaica, éstos son recuperable en el corto plazo, dado los ahorros y solo se invertirá una vez, en cambio el sistema por inundación aunque se tiene la tubería y la parte de bombeo del agua, requiere para su funcionamiento gasto de combustible y mano de obra, lo que viene siendo unos C\$80.22 más por cada cosecha (incluyendo mayor cantidad de insumos agrícolas).

De acuerdo a estos datos, el costo del sistema de riego por aspersión programable alimentado con energía fotovoltaica es recuperable con las tres primeras cosechas ($C\$245.91/C\$80.22= 3.1$). Luego de haber recuperado la inversión, el ahorro en costos queda por entero disponible para el uso que le destine al productor.

El sistema de riego por aspersión programable alimentado por energía fotovoltaica obtendría C\$248.22 M. más de ganancia por cosecha que el sistema por inundación.

A continuación, se resume la comparación de los cálculos realizados en base a los datos proporcionados por el productor de la Finca Palacios:

	Sistema Actual	Sistema Propuesto	Variación incremental	
			Absoluta	Relativa
unidades producidas	40,000	40,000		
Pérdidas de producción (%)	7%	3%		
Pérdidas de producción (unidades)	2,800	1,200		
Unidades disponibles para venta	37,200	38,800	1,600	4%
Precio de venta	C\$ 8.00	C\$ 12.00	C\$ 4.00	50%
Ingresos (en miles de C\$)	C\$ 297.60	C\$ 465.60	C\$ 168.00	56%

Cifras en miles de córdobas

Descripción	Costo	Costo		
Semilla de repollo	C\$ 0.80	C\$ 0.80	C\$ 0.00	0%
Preparación del terreno	C\$ 2.00	C\$ 2.00	C\$ 0.00	0%
Mano de obra (3 meses).	C\$ 33.75	C\$ 10.00	(C\$ 23.75)	-70%
Insumos agrícolas	C\$ 80.00	C\$ 60.00	(C\$ 20.00)	-25%
Combustible (3 meses)	C\$ 36.47	C\$ 0.00	(C\$ 36.47)	-100%
Costo Total	C\$ 153.02	C\$ 72.80	(C\$ 80.22)	-52%

Cifras en miles de córdobas

Venta total del repollo	297.60	C\$ 465.60	C\$ 168.00	56%
Costo total	C\$ 153.02	C\$ 72.80	(C\$ 80.22)	-52%
Ganancia	C\$ 144.58	C\$ 392.80	C\$ 248.22	172%

Teniendo en cuenta todos los datos anteriores el sistema de riego por aspersión programable alimentado con energía fotovoltaico es una opción viable para implementar en la finca Palacios ya que éste le ayudará a obtener una mejor calidad de producción y mayores ganancias económicas para el propietario Marlon Palacios Vargas, suministrando un ingreso superior en comparación al que tiene actualmente.

CAPITULO VIII: Bibliografía

- Monografía: Diseño de un sistema de riego automatizado alimentado con energía fotovoltaica, para una finca de cinco manzanas localizado en el viejo Chinandega.
- Monografía: Sistema Fotovoltaico de 1Kw conectado a la red de distribución eléctrica, con medición neta. Para el laboratorio de biotecnología del recinto Universitario Ricardo Morales Aviles (RURMA) UNAN-MANAGUA.
- Ing. Hector L. Gasquet. (2004). Conversión de la Luz Solar en Energía Eléctrica Manual Teórico y Práctico sobre los Sistemas Fotovoltaicos. Solartronic, S.A. de C.V. Departamento de Información Científica y Técnica.México.
- Monografía: Sistema de riego y fertilización del cultivo de maní. UNAN-MANAGUA.
- Ing. Agrónomo Marlon Palacios, consulta sobre datos del uso consultivo del repollo.

Sitios web visitados:

https://tecnosol.online.com.ni/Pages/Product.aspx?category=Electronica&cat=030_TECNOSOL&pid=0030_17

<http://www.sistemasen.net/content/view/53/71/>

http://www.damiasolar.com/productos/regulador_solar/regulador-phocos-cml-20a_da0166_17

<http://www.tecnosol.com.sv/?page=productos&p=41&id=99>

<http://www.wowhead.com/quest=10416/synthesis-of-power>

http://issuu.com/tecnosolnicaragua/docs/catalogo_final2014_tecnosol

<http://www.battcompany.com/es/bateria-nautica/baterias-barcos/baterias-nauticas/tienda/category/24/bater%C3%ADas-12v-para-paneles-solares.html>

https://autosolar.es/kits-solares/kit-solar-aislada/kit-solar-fotovoltaica-aislada-12v_precio

http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-48212006000300009&script=sci_arttext

http://www.riosolar.com/mi_sistema_fotovoltaico.html

http://www.e-market.cl/paginas/expertos/E_SOLAR_SOLEM.pdf

<http://www.gogreensolar.com/products/magnum-ms4448pae-4400-w-pure-sine-wave-inverter>

ANEXOS

ANEXOS A. COTIZACIONES.



BOMONSA
BOMBAS Y MOTORES DE NICARAGUA S.A.

R.L.U.C. 30310901113430
www.bomonsa.com

EL PODER DE LA EXPERIENCIA

COTIZACIÓN

www.facebook.com/bomonsa

PARA: KEVIN RIVERA COTIZACIÓN No. 7913

FECHA: 09-06-2014

ATENCION: Kevin Rivera TELÉFONO: 89802107	ASUNTO:	DIRECCIÓN Y CORREO ELECTRÓNICO:
--	---------	---------------------------------

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
1	BOMBA CENT. FRANKLIN TURF BOSS AT20CI 2HP	1.00	879.97	879.97
2	BOMBA GOULDS IRRIGATOR QT30-3HP	1.00	1,259.97	1,259.97

Validez de la Oferta Valida Por 15 días	Tiempo de Entrega Inmediata	Garantía 6 meses
--	--------------------------------	---------------------

SUB-TOTAL	USD	1,939.94
I.V.A.	USD	290.99
TOTAL	USD	2,230.93

Al momento de realizar su pedido favor referenciar su número de Cotización y GRACIAS POR PREFERIRNOS!

Observaciones

Contacto

Condiciones de Pago

ANEXOS B. CONDICIONES CLIMATICAS SEGÚN INETER.

INFORME CLIMATICA SEGÚN INETER

Estación: JINOTEGA / JINOTEGA
 Departamento: JINOTEGA
 Latitud: 13°05'06"
 Años: 1970-2014
 Parámetro: Brillo Solar (h/dec)

Código: 55020
 Municipio: JINOTEGA
 Longitud: 85°59'48"
 Elevación: 1032msnm
 Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
2004	197.7	214.3	210.1	244.2	156.0	120.5	174.1	162.9	172.6	194.9	146.6	157.2	2,151.1
2005	213.1	221.0	243.1	207.1	166.7	113.2	133.1	147.9	145.5	112.2	106.8	121.4	1,931.1
2006	157.0	164.0	258.2	246.7	213.1	125.4	105.7	175.8	198.0	186.5	177.8	106.5	2,114.7
2007	187.5	224.9	267.4	183.9	161.2	132.4	120.9	146.8	150.5	125.4	141.7	122.0	1,964.6
2008	129.6	202.7	231.6	233.6	155.3	106.7	104.1	159.6	126.5	85.4	118.2	122.4	1,775.7
2009	158.2	187.2	221.5	207.1	158.4	152.4	93.0	149.6	169.2	157.8	115.0	123.3	1,892.7
2010	164.1	167.0	231.3	161.3	120.5	98.9	86.9	75.2	70.6	167.7	113.1	144.2	1,600.8
2011	127.4	185.2	230.0	233.4	140.9	75.9	114.5	142.3	114.8	80.4	132.3	105.8	1,682.9
2012	119.3	146.1	219.6	168.2	125.8	147.8	136.8	153.3	136.9	144.2	130.8	132.1	1,760.9
2013	138.5	188.6	193.3	212.4	186.5	104.6	137.2	127.5	100.5	144.2	106.9	93.6	1,733.8



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL

Estación: JINOTEGA / JINOTEGA
 Departamento: JINOTEGA
 Latitud: 13°05'06"
 Años: 1970-2014
 Parámetro: Humedad Relativa Media (%)

Código: 55020
 Municipio: JINOTEGA
 Longitud: 85°59'48"
 Elevación: 1032msnm
 Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
2004	77	73	75	70	77	80	79	80	82	83	82	80	78
2005	77	72	69	66	76	84	82	81	82	84	83	82	78
2006	79	77	71	68	73	81	81	80	82	85	80	83	78
2007	76	73	73	74	72	80	82	84	84	86	82	80	79
2008	81	78	74	71	73	82	83	82	85	89	83	82	80
2009	78	77	72	68	79	81	84	83	81	83	85	83	79
2010	83	81	75	77	84	84	86	87	89	80	81	79	82
2011	81	78	72	72	82	87	86	84	86	86	80	83	81
2012	83	81	74	74	81	83	79	80	81	84	81	80	80
2013	79	72	72	68	72	83	80	81	85	83	85	84	79



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL

Estación: JINOTEGA / JINOTEGA
 Departamento: JINOTEGA
 Latitud: 13°05'06"
 Años: 1970-2013
 Parámetro: Nubosidad Media (octas)

Código: 55020
 Municipio: JINOTEGA
 Longitud: 85°59'48"
 Elevación: 1032msnm
 Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
2004	5	4	5	4	5	6	5	5	5	5	5	5	5
2005	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2006	5	5	4	4	4	5	6	5	5	5	4	6	5
2007	5	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
2008	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
2009	4	5	4	4	5	5	6	5	5	5	5	4	5
2010	5	4	3	4	6	5	6	5	5	4	5	4	5
2011	5	4	4	4	5	5	6	5	5	6	4	5	5
2012	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5
2013	5	4	4	4	4	6	5	5	5	5	5	5	5
Suma	218	194	174	186	227	262	261	259	257	243	240	222	230
Media	5	4	4	4	5	6	6	6	6	6	5	5	5
Max	6	6	5	6	7	8	8	8	8	7	7	6	6
Min	3	3	2	2	3	5	5	5	5	4	4	4	5



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL

Estación: JINOTEGA / JINOTEGA
 Departamento: JINOTEGA
 Latitud: 13°05'06"
 Años: 1970-2013
 Parámetro: Temperatura Máxima Media (C°)

Código: 55020
 Municipio: JINOTEGA
 Longitud: 85°59'48"
 Elevación: 1032msnm
 Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
2004	24.0	25.3	25.2	27.9	26.6	25.7	25.7	26.3	27.4	26.6	23.9	23.2	25.6
2005	23.3	25.1	28.6	29.3	28.0	27.4	26.9	27.0	27.1	25.6	24.3	23.9	26.4
2006	23.8	23.9	26.1	28.3	28.5	26.8	25.9	27.0	27.1	26.9	25.0	24.2	26.1
2007	24.5	25.8	26.6	28.6	29.3	27.1	25.8	27.1	26.6	25.6	23.8	24.1	26.3
2008	23.1	25.0	26.4	27.6	28.3	26.1	25.2	26.7	27.6	25.0	24.0	23.5	25.7
2009	24.3	24.1	25.8	28.2	27.5	27.8	25.7	26.3	27.6	26.4	24.9	25.2	26.1
2010	24.2	26.7	28.3	28.6	26.7	27.0	26.6	26.7	26.1	26.6	24.6	23.4	26.3
2011	24.2	25.6	27.0	28.9	28.5	26.9	26.5	27.4	27.5	25.0	24.8	23.3	26.3
2012	23.2	24.3	26.2	28.7	27.7	27.5	26.2	27.5	27.3	26.6	23.9	24.7	26.1
2013	24.2	26.2	27.2	29.3	28.9	26.5	26.6	26.6	27.5	27.0	25.7	24.1	26.6
Suma	1,018.5	1,066.5	1,149.1	1,212.4	1,201.9	1,138.5	1,074.2	1,122.0	1,137.3	1,083.8	1,055.6	993.8	1,110.6
Media	23.1	24.2	26.1	27.6	27.3	25.9	25.0	25.5	25.8	25.2	24.0	23.1	25.2
Max	24.9	27.8	28.6	29.5	29.3	27.8	26.9	27.5	27.6	27.0	25.7	25.2	26.6
Min	20.9	22.1	24.1	25.0	25.7	24.4	23.7	23.8	24.3	23.2	22.3	21.4	23.9