

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TEMA:

**Análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía
fotovoltaica utilizando PLC.**

AUTOR:

ÁLVAREZ ARBOLEDA, ADRIÁN ALBERTO

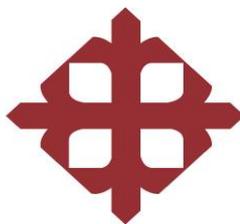
Trabajo de titulación previa la obtención del título de
INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TUTOR:

HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO

Guayaquil, Ecuador

21 de Marzo del 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Álvarez Arboleda, Adrián Alberto**; como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo**

TUTOR

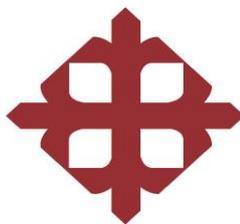
HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO

DECANO

ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS

Guayaquil, Ecuador

21 de Marzo del 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Álvarez Arboleda, Adrián Alberto

DECLARO QUE:

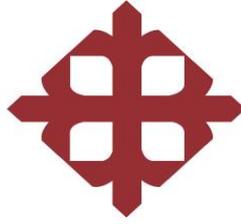
El Trabajo de Titulación, “**Análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica utilizando PLC**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero Electrónico en Control Automatismos**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 21 días del mes de Marzo del 2017

EL AUTOR

ÁLVAREZ ARBOLEDA, ADRIÁN ALBERTO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

AUTORIZACIÓN

Yo, Álvarez Arboleda, Adrián Alberto

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, “**Análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica utilizando PLC**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 21 días del mes de Marzo del 2017

EL AUTOR:

ÁLVAREZ ARBOLEDA, ADRIÁN ALBERTO

REPORTE URKUND

red de petri y trafico de X Modelado analisis y sin X Microsoft Word - Docu X URKUND - Log in X Inicio - URKUND X D26089586 - TESIS ADI X Orlando

Es seguro | <https://secure.orkund.com/view/25869904-200505-677106#q1bKLvYayirYwjNVRKs5Mz8tMy0xOzEtOVbly0DMwNLIwNjAzMzQyMzYxNbnawMKoFAA==>

Aplicaciones ★ Bookmarks EURESCOM P615: Evi Novel Enabling Techni Optical add / drop air Sistemas de Transmis Laboratorio de Comu MEDIDAS DE TENDEI Otros marcadores

URKUND

Lista de fuentes Bloques

Documento: [TESIS ADRIAN ALVAREZ-OK-28-02.docx](#) (D26089586)

Presentado: 2017-02-28 23:49 (-05:00)

Presentado por: mauribenteza_22@hotmail.com

Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje: Análisis Urkund-Tesis Final-ADRIAN ALVAREZ [Mostrar el mensaje completo](#)

2% de esta aprox. 23 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 1 fuentes.

[TAPIA PEPINO.pdf](#)
<http://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/11857>
<http://www.resoluciones.espol.edu.ec/search.aspx?option=3>
[Tapiá para subir 001.pdf](#)
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2971>
http://www.ja2014.upv.es/wp-content/uploads/papers/paper_18.pdf

0 Advertencias. Reiniciar Exportar Compartir

Pozo, & Fabricio, 2015).

Figura 2. 17 Conexión de un regulador en paralelo Fuente: (Cobos. & Meneses, 2011).

Regulador en Serie El desempeño del regulador serie consta de un relé de estado sólido el cual corta la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería. Este tipo de reguladores tiene una ligera ventaja de disipación de energía (Atiaga et al., 2015). A continuación,

se muestra

las diferencias entre estos 2 tipos de reguladores.

94%	#52 Activo	Fuente externa: http://www.astridforget.com/wp-content/uploads/2014/10/Manual-F%C...	94%
Función / Tipo de regulación		Función / Tipo de regulación	
Serie Paralelo Control de sobrecarga Interrumpiendo la línea módulo FV-Batería. Cortocircuitando el módulo FV. Control de descarga profunda. Interrumpiendo la línea batería-consumo. Interrumpiendo la línea batería consumo.		Serie Paralelo (shunt) Control de sobrecarga Interrumpiendo la línea módulo FV-batería Cortocircuitando el módulo FV Control de descarga profunda Interrumpiendo la línea batería-consumo Interrumpiendo la línea batería- consumo	
Descarga inversa de la batería hacia el módulo FV. Si el interruptor de control es electrónico, evita la descarga inversa. En todos casos es necesario un diodo interno que impida que el cortocircuito afecte la batería y así también la descarga inversa		Descarga inversa de la batería hacia el módulo FV Si el interruptor de control es electrónico, evita la descarga inversa En todos casos es necesario un diodo interno que impida que el cortocircuito afecta a la batería y así también la descarga inversa	

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación primero a Dios por darme fuerza de voluntad y sabiduría, por permitirme estar con vida en este momento tan importante y gozar de salud lo que me llena de orgullo y satisfacción en estas instancias. Brindándome la posibilidad cumplir paso a paso cada una de mis metas. A mi madre por incansables noches de desvelo e inculcarme consejos y valores para el cumplimiento de mis objetivos, a mi padre por constate sacrificio y dedicación apoyo moral y económico.

A mi hermana Adriana Álvarez a pesar de nuestras diferencias es una de las personas que aprecio mucho y en quien puedo confiar, a mis abuelos en cuestionar muchas de mis decisiones. A mis familiares a los que quiero y demostrarle que esta es una muestra de superación y compromiso social con ellos.

Finalmente dedico esto a todos mis compañeros de entrenamiento de futbol, y de salón de clases los cuales también se esfuerzan para la obtención de su título académico.

EL AUTOR

ÁLVAREZ ARBOLEDA, ADRIÁN ALBERTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme una oportunidad más en la cual puedo demostrar mis habilidades y conocimientos de aprendizaje en el salón de clase de esta forma culminaría una de las etapas de mi vida.

A mis padres por ayudarme moral y económicamente a ingresar a tan prestigioso establecimiento educativo, proporcionando en mi toda su confianza. A mis abuelos cuya sustentación, entendimiento, y afecto han sido pieza vital en nuestras vidas de las cuales hemos compartido muchos deseos de satisfacción y amargura.

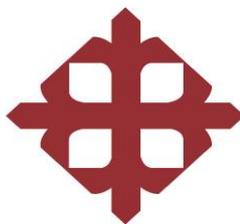
A mi entrenador Lucho Quiñonez y mis compañeros de entrenamiento de futbol de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil por momentos de alegría, disciplina, nostalgia. Al club de robótica Robofet por la adquisición de nuevos conocimientos.

A los Ingenieros Armando Heras, Fernando Palacios, Néstor Zamora, Luis Córdova, Eduardo Mendoza, Orlando Philco, por compartir su conocimiento a lo largo de la obtención de este título.

EL AUTOR

ÁLVAREZ ARBOLEDA, ADRIÁN ALBERTO

||



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

**HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO
TUTOR**

**ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS
DECANO**

**CÓRDOVA RIVADENEIRA, LUIS SILVIO
COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA**

Índice General

Abstract	XVI
CAPÍTULO 1: Generalidades del Trabajo de Titulación	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Antecedentes.	2
1.3 Definición del Problema.....	3
1.4 Justificación del Problema.....	3
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Objetivos Específicos	4
1.6 Hipótesis.....	4
1.7 Metodología de la Investigación	4
Capítulo 2: Fundamentos Teóricos	5
2.1 Definición de Sistemas de Riego Agrícola.....	5
2.2 Sistema de Riego por Goteo	6
2.2.1 Ventajas de un Sistema de Riego por Goteo.....	6
2.2.2 Desventajas de un Sistema de Riego	6
2.3 Sistema de Riego por Microaspersión	6
2.3.1 Ventajas de un Sistema de Riego por Microaspersión	7
2.3.2 Desventajas de un Sistema de Riego por Microaspersión	7
2.4 Sistema de Riego Hidropónico.....	7
2.4.1 Ventajas del Sistema de Riego Hidropónico	8
2.5 Sistema de Riego por Aspersión	8
2.5.1 Ventajas de un Sistema de Riego por Aspersión	8
2.5.2 Desventajas de un Sistema de Riego por Aspersión.....	9
2.6 Condición Actual de Energía Fotovoltaica en el Ecuador.....	10
2.6.1 Insolación Global Promedio	10

2.6.2 La Energía Solar Disponible en el Área del Proyecto.	11
2.6.3 Recursos Hídrico Disponible en el Área del Proyecto.	12
2.6.4 Características Climáticas en el Área del Proyecto	12
2.7 Descripción de Componentes para el Sistema de Riego	13
2.7.1 Aspersores o Regadores.....	13
2.7.2 Red de Tuberías	14
2.7.3 Equipo de Bombeo Solar	15
2.7.4 Paneles Solares	16
2.7.5 Sistema Fotovoltaico Autónomo	17
2.7.6 Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red.....	18
2.7.7 Generador Fotovoltaico	19
2.7.8 Baterías Fotovoltaicas.....	21
2.7.9 Regulador de Carga	22
2.7.10 Tipos de Reguladores.....	23
2.7.11 Inversor	25
2.7.12 Automatización Industrial.....	25
2.7.13 Parte Operativa	26
2.7.14 Parte de Mando	26
2.7.15 Tipos de Automatización	27
2.7.16 Programador Lógico controlado (PLC)	27
2.7.17 Sistemas SCADA.....	31
2.7.18 HMI.....	32
2.7.19 Electroválvulas.....	33
Capítulo 3: Cálculo y Diseño de la Simulación	34
3.1 Cálculo matemático del Área que se va Regar.....	34
3.2 Cálculo de las Necesidades de Agua del Cultivo	34
3.2.1 Determinación del Cálculo por el Método Penman Monteith:	35

3.2.2 Datos de una Plantación de Cacao	35
3.2.3 Determinación de la Frecuencia de Riego	36
3.2.4 Cálculo del Volumen de Agua.....	36
3.2.5 Cálculo de la Duración del Riego	36
3.3 Por el Método de la Tina de Evaporación Tipo “A” Estándar	37
3.3.1 Determinación de los Parámetros:	37
3.4 Dimensiones de Equipos Fotovoltaicos Aplicados a Riego	38
3.4.1 Descripción Hidráulica del Sistema de Bombeo	38
3.4.2 Evaluación de la Energía Diaria Aplicada.....	39
3.4.3 Cuantificación de Potencia a Instalar.....	40
3.4.4 Bomba Solar a Instalar.....	41
3.5 Diagrama de Bombeo	43
3.5.1 Variables a Controlar.....	43
3.5.2 Proceso de Control de la Bomba.....	43
3.5.3 Tipo de Control.....	43
3.5.4 Variable a Controlar.....	43
3.5.5 Automatización del Sistema de Bombeo	44
3.5.6 Configuración del control SCADA usando Wincc.....	46
3.5.7 Simulación en Wincc con las Variables del PLC	49
CAPÍTULO 4: Conclusiones y Recomendaciones	54
Conclusiones.	54
Recomendaciones.....	55
Bibliografía.....	56
Anexos.....	62

Índice de Figuras

Capítulo 2:

Figura 2. 1 Sistema de riego cultivo de maíz	5
Figura 2. 2 Sistema de Riego por Goteo	6
Figura 2. 3 Sistema de Riego por Microaspersión	7
Figura 2. 4 Sistema de Riego Hidropónico	8
Figura 2. 5 Riego por Aspersión en el Sector de los Arrayanes Quito.	9
Figura 2. 6 Clasificación de los Sistemas de Riego por Aspersión.....	9
Figura 2. 7 Mapa Solar del Ecuador Insolación Global Promedio	11
Figura 2. 8 Ubicación de la hacienda	11
Figura 2. 9 Esquema de una Red de Distribución de Riego.....	15
Figura 2. 10 Modulo Solar	17
Figura 2. 11 Sistema Fotovoltaico Instalado.....	17
Figura 2. 12 Configuración de SFVD para Operación Centralizada.	18
Figura 2. 13 Configuración de SFVD en Sectores Residenciales.....	19
Figura 2. 14 Generador Fotovoltaico	20
Figura 2. 15 Composición de una Celda de Batería.....	21
Figura 2. 16 Regulador Fotovoltaico	23
Figura 2. 17 Conexión de un regulador en paralelo	23
Figura 2. 18 Esquema del principio de un inversor	25
Figura 2. 19 PLC S7-1200 de Siemens	30
Figura 2. 20 PLC S7-300 de Siemens	30
Figura 2. 21 Estructura de un Controlador Lógico Programable.....	31
Figura 2. 22 Arquitectura de un Sistema SCADA	32
Figura 2. 23 Paneles táctiles y de operador.....	33
Figura 2. 24 Funcionamiento de la Electroválvula	33

Capítulo 3:

Figura 3. 1 Cambios del agua desde un suelo de cultivo	34
Figura 3. 2 Esquema de una bomba solar	42
Figura 3. 3 Diagrama de conexión de 4 paneles serie.....	42
Figura 3. 4 Esquema de bombeo	43
Figura 3. 5 Primera línea de configuración el auto enclavamiento de la bomba	44
Figura 3. 6 Segunda línea lectura del puerto analógico y conversión de variable a porcentaje	44
Figura 3. 7 Tercera segmento protección de los paneles fotovoltaicos.....	44
Figura 3. 8 Cuarto segmento encendido y apagado de la bomba.....	44
Figura 3. 9 Quinto segmento llenado de tanque y riego a los cultivos	45
Figura 3. 10 Sexto segmento seteo de variables en 0 al iniciar y apagado del modulo	45
Figura 3. 11 Séptimo segmento generación de pulsos para llenado	45
Figura 3. 12 Octavo segmento generación de pulso para llenado.....	46
Figura 3. 13 Noveno segmento encendido de la bomba de riego	46
Figura 3. 14 Representación de conexión CPU 313C-2DP en Wincc.....	46
Figura 3. 15 Configuración de parámetros del CPU 313C-2DP	47
Figura 3. 16 Elaboración de Tabla de variables	47
Figura 3. 17 Definiendo Variables	47
Figura 3. 18 Ingreso de datos en variable Bomba de riego	48
Figura 3. 19 Configuración del botón para encendido de bomba de riego	48
Figura 3. 20 Configurando parámetro de carga del panel fotovoltaico.....	48
Figura 3. 21 Visualización del proceso de forma gráfica con WinCC.....	49
Figura 3. 22 Simulación del proceso de riego automatizado con WinCC	49
Figura 3. 23 Simulación de carga de energía en paneles fotovoltaicos	50
Figura 3. 24 Simulación de operación de slider para la carga del panel fotovoltaico	50
Figura 3. 25 Simulación de carga del panel fotovoltaico al 25%	51
Figura 3. 26 Simulación de carga del panel fotovoltaico al 75%	51
Figura 3. 27 Simulación de carga del panel fotovoltaico al 100%	52
Figura 3. 28 Simulación de carga del panel fotovoltaico al 100% y llenado del tanque	52
Figura 3. 29 Operación de automatización comprobada.....	53

Índice de Tablas

Capítulo 2:

Tabla 2. 1 Características climáticas en el área del proyecto.....	12
Tabla 2. 2 Aspersores y sus características principales.....	13
Tabla 2. 3 Ventajas y Desventajas de las Bombas Solares	16
Tabla 2. 4 Ventajas e Inconvenientes de un SFA	18
Tabla 2. 5 Diferencia de los paneles según su tecnología de fabricación	20
Tabla 2. 6 Características principales de los tipos de batería.....	22
Tabla 2. 7 Funcionamiento de los reguladores en serie o en paralelo.....	24
Tabla 2. 8 Ventajas y desventajas de los procesos automatizados.....	26
Tabla 2. 9 Características del PLC Modelo Simatic S7-1200.....	28
Tabla 2. 10 Características del PLC Modelo Simatic S7-300.....	29
Tabla 2.11 Características de los Sistemas SCADA.....	30

Capítulo 3:

Tabla 3. 1 Valores para el cálculo de riego del cultivo.....	35
Tabla 3. 2 Curva característica de la bomba solar.....	41

Resumen

El aprovechamiento de la luz solar tiene diferentes aplicaciones entre las que se destaca la electrificación en zonas rurales. Actualmente existen diferentes componentes para captar la energía solar una de ellas es mediante paneles fotovoltaicos estos dispositivos producen corriente continua en el mercado existe una gran variedad de productos de diferentes características convertidores, baterías, e incluso se la utiliza para el bombeo de agua en la agricultura.

El propósito del siguiente trabajo de titulación es demostrar la utilización de la energía solar mediante el uso de paneles fotovoltaicos haciendo uso de la tecnología para mejorar la calidad de vida del agricultor y de sus cultivos. El sistema de riego automatizado funciona captando la energía necesaria para el funcionamiento apropiado de la bomba mediante los paneles fotovoltaicos en el área del proyecto, un plc en el cual programaremos los niveles de agua mediante el uso de sensores de nivel que estarán localizados en el tanque una electroválvula que dará apertura al sistema de riego del cultivo, este sistema de riego será de lazo cerrado y usaremos el programa wincc para monitorear nuestro sistema.

Palabras claves: PLC, PANELES FOTOVOLTAICOS, SENSORES, AUTOMATIZACIÓN, BOMBA SOLAR, AGRICULTURA.

Abstract

The use of solar light has different applications among which the electrification in rural areas stands out. Currently there are different components to capture solar energy one of them is through photovoltaic panels these devices produce DC current on the market there is a great variety of products of different characteristics converters, batteries, and even used for pumping water in agriculture.

The purpose of the next titling work is to demonstrate the use of solar energy through the use of photovoltaic panels using technology to improve the quality of life of the farmer and his crops. The automated irrigation system works by capturing the energy needed for the proper operation of the pump through the photovoltaic panels in the project area, a plc in which we will program the water levels by using level sensors that will be located in the tank An electrovalve that will open the irrigation system of the crop, this irrigation system will be closed loop and we will use the wincc program to monitor our system.

Keywords: Programmable logic controller (PLC), photovoltaic panels, sensors, automation, solar pump, farming.

CAPÍTULO 1: Generalidades del Trabajo de Titulación

1.1 Introducción

La energía es indispensable para satisfacer las exigencias humanas básicas y proveer a los servicios fundamentales como proporcionar luz eléctrica, en los servicios de salud, procesos industriales, telecomunicaciones, y es la fuente de energía para el funcionamiento de diferentes electrodomésticos. En este proceso hablaremos sobre la energía fotovoltaica que se obtiene mediante la luz solar con este proceso mejoraremos la vida en el sector rural brindando energía eléctrica a personas que carecen de este servicio básico enfocándonos en la parte agrícola para la fertilización de los cultivos por medio del bombeo de agua usando paneles fotovoltaicos.

En ciertas áreas del Ecuador el agua se vuelve en un recurso muy limitado, uno de los mayores consumidores de este recurso hídrico se da en el campo de la agricultura en donde se debe plantear reglas claras para la utilización de manera más eficaz el agua. Frecuentemente en los campos agrícolas siempre existen sobre irrigación causadas porque no se controla el exceso de agua lo que origina desperdicios de la misma. Esta se convierte en el líquido vital para el desarrollo, crecimiento y producción de los cultivos.

La característica principal de esta investigación es detallar el avance tecnológico de un sistema de riego automático, el mismo que está compuesto por una entrada; donde se obtienen las variables meteorológicas, la parte de control; que es el software en donde obtenemos datos que luego serán manipulados, por último, la salida; que está compuesta por un PLC a través del cuales el ordenador se comunica con el mundo exterior ejecutando órdenes. A esto se le suma una conexión de potencia en donde los instrumentos pueden ser electroválvulas para el uso del riego.

1.2 Antecedentes

Algunas de las personas consideran que el pilar fundamental de sistemas de riego es su estructura mecánica, el procedimiento de riego establece un vínculo a través de

personas y sus semejanzas se distinguen para anexar unas con otras por su diferencial socioeconómica y cultura.

En el Ecuador el MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, y Pesca), se estima que hasta el año 2012 existan 942.000 hectáreas regadas. El programa plantea como meta irrigar 1.5 millones de hectárea, que beneficiará a 420 mil familias, y hasta el 2027, se prevé 1.6 millones de hectáreas con riego que favorecerá a 453 mil familias de agricultores con un 83% de eficiencia.

La Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) y al ministerio del ambiente (MAE) les compete la emisión de las normativas que asegure la calidad de agua para el riego, además de vigilar el cumplimiento de la normativa ambiental. SENAGUA otorga los permisos de aprovechamiento de agua para riego, la elaboración, seguimiento y evaluación, del plan nacional de recursos hídricos.

1.3 Definición del Problema

En el Ecuador uno de los principales problemas es la falta de agua para el uso agrícola, esta problemática se da por los siguientes motivos; por sequias que están presente cada año, contaminación por productos químicos, falta de caudales para la distribución del agua de manera equitativa, por personas inescrupulosas que desvían los cauce de los ríos evitando que comunidades aledañas no puedan abastecerse del líquido vital que es fundamental para el consumo de las personas, el ganado de la región, y el riego de sus cultivos.

1.4 Justificación del Problema

Es conveniente acondicionar un sistema de riego que busca sustituir el habitual procedimiento de riego por un método más eficaz haciendo uso de la tecnología aprovechando los recursos naturales como lo es la energía fotovoltaicos, y programadores lógicos que nos permite parametrizar las variables lo cual nos brinda un manejo más preciso del sistema optimizando los recursos hídricos mediante sensores de nivel que van en un tanque que sirve de almacenamiento y monitoreado

por medio de un programa Wincc que muestra los niveles alto y bajo del tanque y mejora las condiciones de trabajo.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Realizar un análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica utilizando PLC ejecutando la simulación del sistema monitoreándola por el programa Wincc.

1.5.2 Objetivos Específicos

1. Seleccionar equipos de energía fotovoltaica para el bombeo del sistema de riego a través de cálculos matemáticos para definir la cantidad de módulos a instalarse.
2. Diseñar la simulación del sistema de riego automatizado comunicando el PLC con Wincc mediante una comunicación profibus.
3. Definir las variables para automatizar el riego por aspersión precautelando el medio ambiente por procesos graduales del agua.

1.6 Hipótesis

El análisis del control de riego automatizado por aspersión tiene como fuente la energía fotovoltaica siendo completamente autónomo, brindándonos energía a todo sistema de bombeo en donde se controlará tiempo, nivel, monitorización, del riego de esta manera optimizaremos el consumo de agua. La presentación de este proceso automatizado se da de manera sustentable para los agricultores de zonas rurales.

1.7 Metodología de la Investigación

Es controlada, sistemática y empírica por cuanto se emplea conocimiento práctico en programación de plc, de método explicativo y descriptivo que cumple con la finalidad de elaborar conocimiento e hipótesis de resolver discusiones sobre irrigación en zonas rurales.

Capítulo 2: Fundamentos Teóricos

2.1 Definición de Sistemas de Riego Agrícola

Es suministrar al suelo o las plantaciones de agua por mecanismos convencionales. Un sistema de irrigación lo que hace es trasladar el agua a sectores o lugares donde hay escasez de la misma. El plan es abastecer la dosis necesaria de agua sin perjudicar las plantaciones por exceso del líquido vital. Este método se emplea en los cultivos extensos asimismo en las áreas verdes de los parques, huertos, canchas deportivas y parterres en donde se emplean diferentes técnica de diseño de riego. (Carlos castellanos, 2012).



Figura 2. 1 Sistema de riego cultivo de maíz

Fuente: (Isabel Colbrand).

En la agricultura el riego esta normalmente basado en el bombeo donde existen diferentes tipos de sistemas de riego cada uno para un uso determinado y específico donde se muestra distintos modelos de cultivo según la plantación. A continuación, se detalla algunos de ellos.

2.2 Sistema de Riego por Goteo

Este procedimiento se expone cuando el agua ingresa directamente hasta las raíces de la planta, se da mediante un sistema de tuberías de polietileno y transmisores llamados goteros en donde el caudal ingresa lentamente. Este método es idóneo para áreas cortas y se utiliza con mayor frecuencia en viveros de verduras, legumbres, y frutos. Inclusive ofrece beneficios para personas que tienen sus propios huertos, y también se suele usar para la cultivación de flores (Ciotti, 2011).

2.2.1 Ventajas de un Sistema de Riego por Goteo

- Reduce la pérdida de agua por exceso de riego.
- Pequeño consumo de corriente en el sistema de bombeo.
- Control de los nutrientes (fertirriego).

2.2.2 Desventajas de un Sistema de Riego

- Taponamiento en los goteros.
- Una vez instalado no se puede arar la tierra.



Figura 2. 2 Sistema de Riego por Goteo
Fuente: (Horcajo, 2014).

2.3 Sistema de Riego por Microaspersión

El riego por micro aspersión es un cambio del riego por aspersión, su funcionamiento se trata de expulsar con fuerza cortinajes de agua que son emitidos por el bombeo. Sin embargo, no abarca áreas tan extensas y sus gotas son menores. Por esto tienen mayor

demanda en lugares cortos donde se utilizan con mayor frecuencia para el riego de jardines, y viveros pequeños.

2.3.1 Ventajas de un Sistema de Riego por Microaspersión

- Idóneo para áreas desiguales.
- No se tapan los transmisores, las tuberías y la rapidez del agua son superiores.
- Se usa como microclima en el huerto.

2.3.2 Desventajas de un Sistema de Riego por Microaspersión

- Son más costosos que los goteros.
- El fuerte viento perjudica la uniformidad.
- Es un componente estable expuesto a quebrarse.



Figura 2. 3 Sistema de Riego por Microaspersión
Fuente: (Mata, 2016).

2.4 Sistema de Riego Hidropónico

Los cultivos hidropónicos se basan en un procedimiento donde la planta es apartada de la tierra para reemplazar los sustratos del suelo por agua donde se preparan ingredientes químicos diluidos en el cual las raíces obtienen recursos minerales proporcionados para el crecimiento de las plantas (Ana Isan, 2013).

2.4.1 Ventajas del Sistema de Riego Hidropónico

- Provee al sistema radicular un nivel de humedad constante, independiente del clima o de la etapa de crecimiento del cultivo.
- Optimiza el gasto de agua y fertilizantes.
- Consolida el riego en toda el área.
- Mejora los rendimientos y mejora la calidad de producción.
- Reduce enfermedades por patógenos del suelo.
- Proporciona una mejor planificación y operatividad de la plantación.



Figura 2. 4 Sistema de Riego Hidropónico
Fuente: (Batallas, 2011).

2.5 Sistema de Riego por Aspersión

El riego por aspersión es un método de riego en el que el agua se adapta en modo de lluvia con una rapidez moderada y similar referente al terreno con la finalidad de que se infiltre en el mismo sitio donde cae. Para esto se necesitara una red de distribución que permite que el agua empuje con presión a los componentes en donde estos suministrar el agua a los aspersores (Mireles Medina, 2015).

2.5.1 Ventajas de un Sistema de Riego por Aspersión

- Se limpian de polvo las hojas cuando se rocían con agua.
- Economiza mano de obra.
- Facilita el riego en pendientes.

2.5.2 Desventajas de un Sistema de Riego por Aspersión

- Se propagan plagas y enfermedades en los cultivos.
- Requiere elementos de bombeo de gran capacidad.
- Dificultad de riego si hay exceso de viento.

Tiene una excelente eficacia de uso, este proceso requiere mano de obra la cual puede ser prudente según los requerimientos del agricultor y el cultivo, el sistema de riego por aspersión nos brinda fácil funcionamiento y manejo del mismo (Humberto Reyes, 2015).



Figura 2. 5 Riego por Aspersión en el Sector de los Arrayanes Quito.
Fuente: (el ciudadano, 2015).

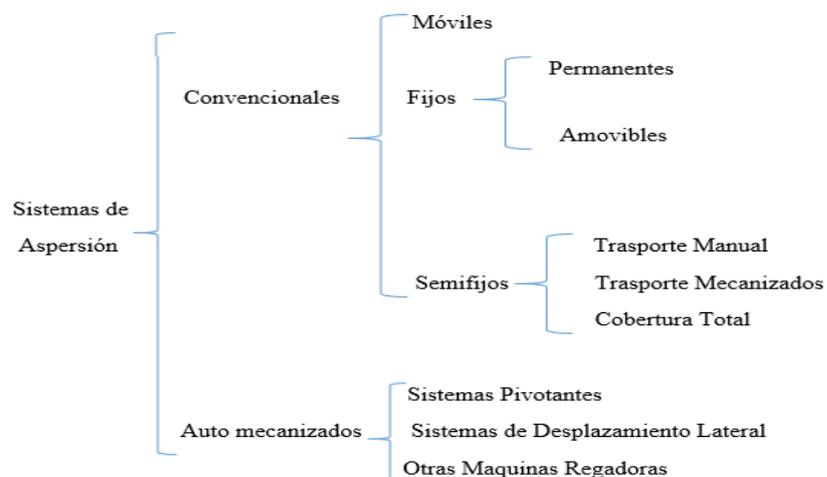


Figura 2. 6 Clasificación de los Sistemas de Riego por Aspersión
Fuente: (Ayanami, 2012).

2.6. Condición Actual de Energía Fotovoltaica en el Ecuador

Las diferentes condiciones climáticas que se presentan en el país hacen énfasis a nuevos estudios de energías renovables las cuales proporcionan el cuidado del medio ambiente con la reduciendo emisiones CO₂. En el Ecuador se han desarrollado proyectos de energía solar no conectados a la red tales como la primera planta fotovoltaica a gran escala ubicada en el norte de la provincia de Imbabura, con un potencial de 998 KW es un proyecto desarrollado por la empresa Valsolar Ecuador beneficiando a 2000 familias. Esta empresa también tiene previsto construir una segunda planta fotovoltaica en el cantón Bolívar en la provincia del Carchi esta plataforma forma parte de un bloque formado junto a otras fotovoltaicas que el Consejo Nacional de Electrificación aprobó instalar.

La compañía española Isofoton desarrolla una de las mayores plantas fotovoltaicas de 50 MW, que generará una energía limpia de 84093 MWh por año esto equivale al consumo de 84000 familias y reducirá 49000 toneladas de CO₂ al año.

El parque solar se asentará en la parroquia de Calderón, a 10 km de Quito la planta tendrá una potencia nominal de 49,6 MW y una potencia pico 54,065 MW esto a convierte por dimensiones y capacidad de producción en una de las mayores en América Latina.

Con estas medidas de energía alternativa se busca cambiar la matriz energética del país y el cuidado del medio ambiente reduciendo toneladas de CO₂ que desde hace décadas han causado el calentamiento global por medio de combustibles fósiles.

Existe también la empresa privada Sansau & Wildtecsa posee un complejo de paneles fotovoltaicos en las afueras del cantón Salitre en la provincia del Guayas, esta empresa tiene una potencia instalada de generación de 995 KW.

2.6.1 Insolación Global Promedio

En la figura 2.7, se muestra el histograma de frecuencia solar o mapa solar en el territorio ecuatoriano, donde se aprecia un promedio de 4.5 KWh/m² de irradiación solar.

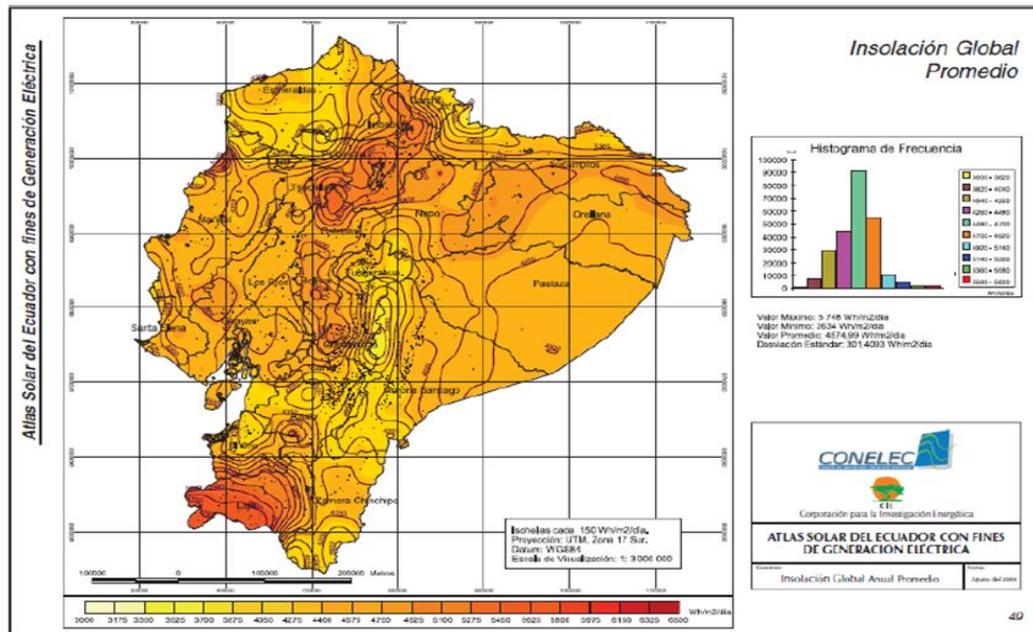


Figura 2. 7 Mapa Solar del Ecuador Insolación Global Promedio

Fuente: (Atlas Solar del Ecuador 2010).

2.6.2 La Energía Solar Disponible en el Área del Proyecto.

El proyecto propuesto del trabajo de titulación, se encuentra ubicado en la Provincia de Los Ríos a 40 minutos de la ciudad de Ventanas. Se encuentra situada entre las coordenadas de latitud sur: $1^{\circ}25'29.4''S$ y $79^{\circ}33'29.6''W$ de longitud oeste. Utilizando los servicios de la plataforma Google Earth para la ubicación geográfica del proyecto donde se realizará el análisis del sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica.

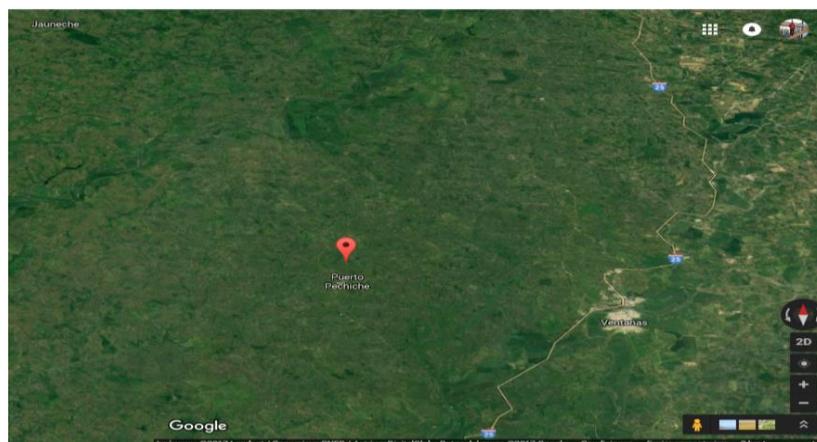


Figura 2. 8 Ubicación de la hacienda

Fuente: (Google Earth, 2017).

2.6.3 Recursos Hídrico Disponible en el Área del Proyecto.

El agua disponible en el área del proyecto se da de manera moderada mediante un pozo artesanal que suministra agua subterránea. El volumen de agua disponible determina el abastecimiento que tiene el pozo para los requerimientos de agua que necesitan las plantaciones. Las dimensiones de diámetro, profundidad y nivel estático del pozo determinan la posición de la bomba.

El riego para las plantaciones depende de las condiciones climáticas durante el día una de ellas es la humedad relativa, la radiación solar que se da en el área del cultivo si la radiación solar es alta no se debe regar el cultivo porque estaríamos desperdiciando recurso hídrico y las plantaciones no recibirían la cantidad adecuada de agua para su producción.

2.6.4 Características Climáticas en el Área del Proyecto

En la actualidad existen diversas plataformas en las que podemos encontrar las condiciones climáticas en diferentes lugares del país. Para nuestro proyecto se utiliza la plataforma meteorológica de superficie y energía solar de la NASA.

Tabla 2. 1 Características climáticas en el área del proyecto.

ATMOSPHERIC SCIENCE DATA CENTER		NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data		NASA				
Latitude -1.424 / Longitude -79.559 was chosen.								
	Unit	Climate data location						
Latitude	°N	-1.424						
Longitude	°E	-79.559						
Elevation	m	1075						
Heating design temperature	°C	16.09						
Cooling design temperature	°C	28.17						
Earth temperature amplitude	°C	14.42						
Frost days at site	day	0						
Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days
	°C	%	kWh/m ² .d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
January	21.5	71.5%	4.21	89.6	1.8	24.9	0	360
February	21.3	76.5%	4.38	89.6	1.6	23.4	0	323
March	21.4	76.2%	4.76	89.6	1.6	23.4	0	359
April	21.9	70.9%	4.64	89.5	1.6	24.0	0	361
May	21.8	65.1%	4.18	89.6	1.8	23.9	0	372
June	21.6	57.9%	3.78	89.7	2.3	23.9	0	356
July	21.9	50.3%	3.81	89.7	2.4	24.9	0	375
August	22.6	46.7%	4.21	89.7	2.4	26.8	0	396
September	22.9	49.8%	4.32	89.7	2.2	28.2	0	393
October	22.7	55.2%	3.97	89.6	2.1	28.7	0	400
November	21.9	61.5%	4.21	89.6	2.0	27.4	0	364
December	21.7	67.4%	4.09	89.6	2.0	26.2	0	369

Fuente: (Nasa meteorology, 2016).

Las condiciones climáticas en el área del proyecto poseen diversas variaciones en las que se destaca el exceso de energía solar en donde se ha producido sequias en lagunas, esteros, en los últimos años dificultando el proceso de producción.

2.7 Descripción de Componentes para el Sistema de Riego

2.7.1 Aspersores o Regadores

Los aspersores pueden ser de tipo estacionario o rotatorio existe una gran variedad en el mercado donde se diferencian por el tipo de chorro de agua que estos suministran a las plantas los aspersores giratorios son los más empleados dadas las circunstancias y tipos de cultivo a ser rociados el giro de los aspersores es producido por una colisión entre el aspersor y el chorro de agua. Los aspersores recubren un sector radial lo cual permite ser regularizado para dicha área circular (Álvarez Mojena, 2015).

Según Pérez y Martínez (2015) los aspersores deben contar con los siguientes parámetros para un riego eficaz:

- Se debe realizar un análisis matemático sobre la red de tuberías.
- Compresión en el fluido.
- Un almacenamiento de agua.
- Aspersores adecuados para una excelente distribución del agua en el área de riego.

A continuación, en la tabla 2.2, se detalla los aspersores más utilizados en la agricultura.

Tabla 2. 2 Aspersores y sus características principales

	<p>Se los emplea en vegetales, viveros plantas ornamentales y utilizan un rotor de pequeña magnitud.</p>
---	--

	Se usan para riego en frutales debajo de la copa aspersores de ángulo bajo.
	Aspersor de baja presión con una boquilla para el uso de vegetales.
	Estos tienen 2 boquillas para el uso de plantas ornamentales y son de baja presión.
	Funcionan con 2 boquillas y su presión es mediana y se los emplea en cultivos generales.
	Son aspersores que trabajan por área o sectores en áreas irregulares.
	Aspersor de alta presión y se emplean en los cultivos de caña de azúcar, pastizales, plátano.
	Aspersor de media presión se usa en veredas y parterres y jardines.

Fuente: (El Regante, 2011).

2.7.2 Red de Tuberías

El sistema riego tiene como elemento de distribución una red de tuberías principales y secundarias las que suministran el líquido a los aspersores para el riego del cultivo esta red de tuberías puede ser de plástico, en concreto, Policloruro de Vinilio (PVC), y de polietileno (PE).

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

ϕ : Es el diámetro de la tubería en metros.

Q: es el caudal del diseño.

V_{iim} : es la velocidad del límite.

- a) Red primaria o de transporte. - se encarga de trasladar el agua desde el tanque acumulación al sector regable.
- b) Red de distribución. - se abastece de la red de transporte y su función es repartir el agua a los diferentes terrenos de riego.
- c) Red terciaria. - se encarga de llevar el agua a los distintos puntos de aspersores para el riego de los cultivos.

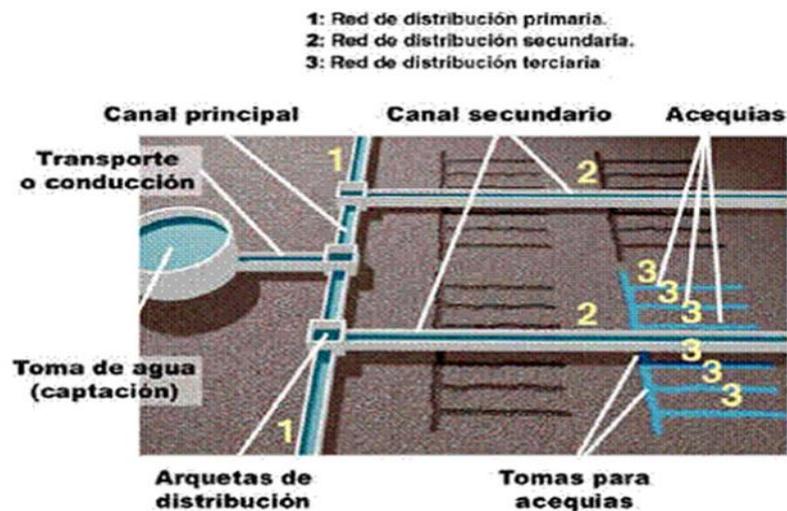


Figura 2. 9 Esquema de una Red de Distribución de Riego
Fuente: (Lopez.A, 2013).

2.7.3 Equipo de Bombeo Solar

Para la selección de la bomba solar o de corriente continua puede actuar de dos formas una de ellas es a través de un banco de baterías que acumulan la energía proveniente del sol por medio de los paneles fotovoltaicos y la otra es de una manera directa (Naranjo, Alejandro, Núñez, & Andrés, 2015).

Una de las particularidades de bombeo directo es que la tensión varía con la irradiación como desenlace la curva característica de la bomba va cambiando con la irradiación del sol durante el día para ello los empresarios que elaboran las bombas brindan las curvas características en parámetros de voltaje o intensidad de acuerdo a la radiación solar para favorecer al agricultor (Díaz Méndez, 2015).

Tabla 2. 3 Ventajas y Desventajas de las Bombas Solares

Ventajas	Desventajas
Existe una gran variedad de bombas solares en el mercado.	El costo de instalación inicial es elevado.
No solicita mucho mantenimiento.	Tiene menor potencia que las bombas eléctricas.
Las bombas solares son eficientes.	Requieren de un tanque de almacenamiento para abastecer en días de poco sol.
Son fáciles de instalar.	El volumen de agua es menor que el que se obtiene de varios caballos
Este tipo de energía no contamina el medio ambiente.	El poco mantenimiento requerido es alto por daños.

Fuente: (Alvarado dos Santos, 2017).

2.7.4 Paneles Solares

Son instrumentos que transforman la energía solar en energía eléctrica, la luminosidad se interna arriba del instrumento semiconductor de dos mantos elaborando una desigualdad de tensión que produce una corriente a través de una pista exterior. Se fabrica con un semiconductor tipo n y otro semiconductor tipo p de tal forma que produce una malla cristalina del semiconductor no se intercepte al pasar de una división a otra. La unión de los semiconductores crea factible un espectro de campo eléctrico en la sección que libera los pares en el vacío, las cargas positivas las conduce hacia el lado p lo que estimula una procedencia del electrón hasta el metal del roce y las negativas al semiconductor n lo que produce una corriente en el circuito (Suarez, Merchán, & Ruben, 2016).



Figura 2. 10 Modulo Solar
Fuente: (Zuñiga, 2015).

Se realiza una primera clasificación de los sistemas fotovoltaicos si se encuentran o no conectados a la red eléctrica convencional:

2.7.5 Sistema Fotovoltaico Autónomo

Los sistemas fotovoltaicos autónomos (SFA) son sistemas que no requieren conectarse a la red eléctrica funcionando de manera independiente ellos a su vez transforman la energía solar en eléctrica acumulándola en una batería para su utilización. Son procesos energéticos que se acondicionan en áreas lejanas sin enlace a la red de distribución eléctrica. En algunos sectores es el recurso para electrificar viviendas y en algunas ocasiones bombeo para riego etc. (Style, 2012,p.2).



Figura 2. 11 Sistema Fotovoltaico Instalado.
Fuente: (Hernández, 2011).

Tabla 2. 4 Ventajas e Inconvenientes de un SFA

Ventajas	Inconvenientes
La radiación solar es una fuente de energía natural y disponible en muchos lados.	No son eficaces para instalaciones grandes.
No hay desembolso de combustible.	Se sustituye las baterías periódicamente.
El trabajo y el mantenimiento son fáciles.	La cantidad de energía depende de la luz solar disponible en el lugar.
Se acondiciona en sitios lejanos.	El costo de instalación es alto.
Se puede extender a futuro.	Los clientes necesitan información sobre el mantenimiento.
Su operación es silenciosa y no emite gases tóxicos.	No existe servicio técnico local en el área.

Fuente: (Style, 2012, p. 3).

2.7.6 Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red

En estos procesos se necesita un generador fotovoltaico, un inversor y el punto de conexión a la red. Se observa que el inversor tenga un seguidor de señal de máxima potencia (Silvestre, Castañer, & Guasch, 2008).

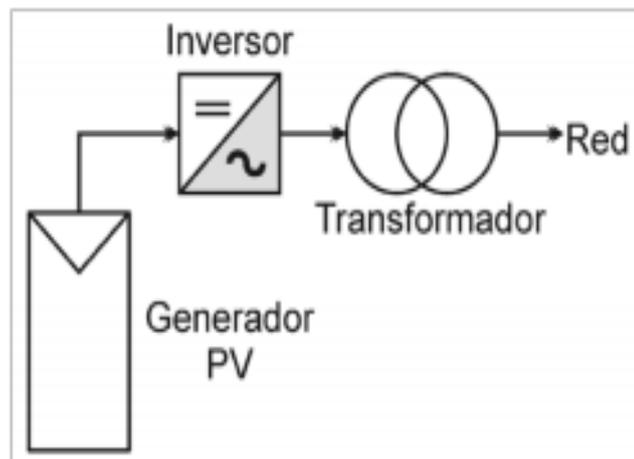


Figura 2. 12 Configuración de SFVD para Operación Centralizada.
Fuente: (Hernández, 2012).

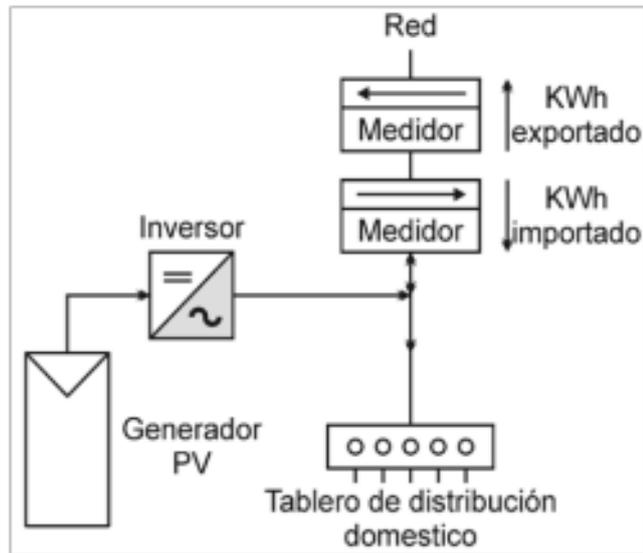


Figura 2. 13 Configuración de SFVD en Sectores Residenciales.
Fuente: (Hernández, 2012).

A continuación, se detalla los elementos y dispositivos que conforman un sistema fotovoltaico:

2.7.7 Generador Fotovoltaico

Es el encargado de modificar la energía solar a energía eléctrica está constituido por diversos módulos fotovoltaicos enlazados en serie y/o paralelo. La potencia suministrada por cada una de las células es de 3W. Este valor es pequeño pero los fabricantes conectan entre si las células para obtener la potencia requerida es decir que depende del número de células que tenga el modulo fotovoltaico.

Un numero de 36 células en serie osciladas suministra una potencia entre 50W a 100W. la energía producida por el generador se acumula en baterías (Bella Miguel Alonso, 2005).

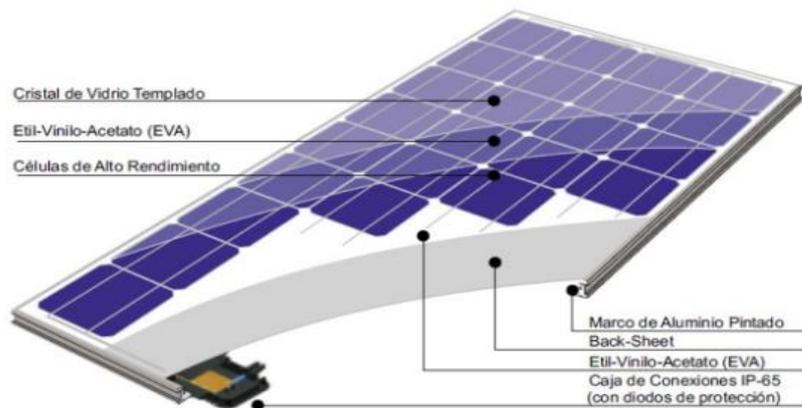
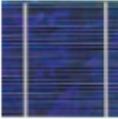
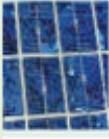


Figura 2. 14 Generador Fotovoltaico
Fuente: (Diaz Juan, 2015).

Finalmente se realiza un sellado al vacío ingresándola en un horno para su laminación y por último se rodea el perímetro con neopreno.

Tabla 2. 5 Diferencia de los paneles según su tecnología de fabricación

Células	silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento Directo	Fabricación
	Monocristalino	24%	15%-18%	Se obtiene del silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19-20%	12-14%	Igual que el del monocristalino pero se disminuye el número de fases de la cristalización.
	Amorfo	16%	<10%	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Fuente: (Soliz & Pineda, 2015).

2.7.8 Baterías Fotovoltaicas

La batería es uno de los factores más importantes en los sistemas fotovoltaicos autónomos su función es acumular la energía obtenida por los paneles solares y usarla cuando los paneles no produzcan electricidad. Las baterías tienen electrolitos las de alcalino son resistente y las de ácido son de mayor petición por sus precios (Guerrero & Conde, 2011).

En el mercado hay gran variedad de baterías solares cada una para un uso técnico específico en cuanto a su mantenimiento, vida útil, número de ciclos de descarga y su almacenaje y rendimiento existen baterías selladas y compuestas de electrolito gelificado y su duración es de 8 a 10 años (Damia, 2014).

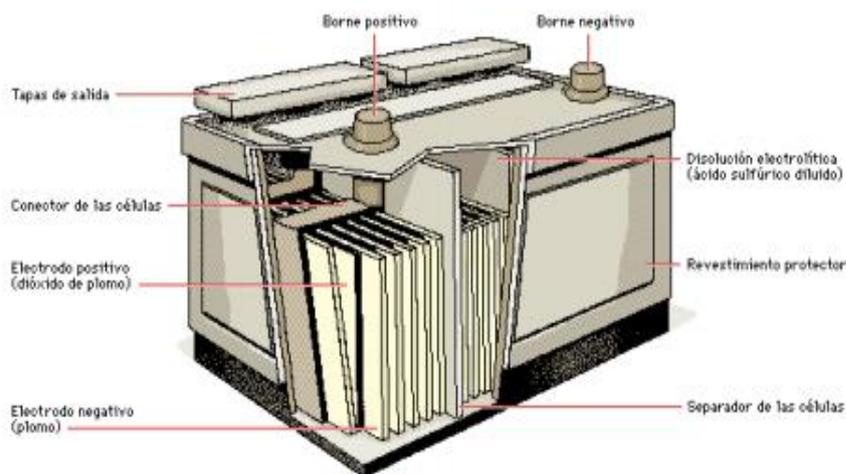


Figura 2. 15 Composición de una Celda de Batería.

Fuente: (Sánchez & Antonio, 2012).

En la tabla 2.6, se detalla las características de las baterías que se utilizan en un sistema de energía fotovoltaico.

Tabla 2. 6 Características principales de los tipos de batería

Tipo de batería	Tensión por vaso (v)	Tiempo de recarga	Auto descarga por mes	Nº de ciclos	Capacidad por tamaño	precio
Plomo-acido	2	8-16 horas	<5%	medio	30-50 wh/kg	Bajo
Níquel-cadmio	1,2	1 hora	20%	Elevado	50-80 wh/kg	Medio
Níquel-Metal Hydride	1,2	2-4 horas	20%	Medio	60-120 wh/kg	Medio
Lion (ión litio)	3,6	2-4 horas	6%	Medio bajo	110-160 wh/kg	Alto

Fuente: (Soliz & Pineda, 2015)

2.7.9 Regulador de Carga

En los sistemas fotovoltaicos los reguladores de carga son imprescindible para preservar las baterías impidiendo su deterioro entre los niveles de carga y descarga. De esta manera el regulador decide si interrumpir al generador de la batería o desviar la corriente del generador en dirección contraria.

Los parámetros a examinar son; la tensión máxima de los paneles fotovoltaicos, la acumulación del voltaje del sistema con las baterías, y la máxima corriente del generador fotovoltaico. Algunos equipos cuentan con el seguidor de punto de máxima potencia (Vallejo, Xavier, Niveló, & Jose, 2015).



Figura 2. 16 Regulador Fotovoltaico
Fuente: (Alfonso, 2014).

2.7.10 Tipos de Reguladores

Se clasifican según la conexión y desconexión del regulador.

- Regulador en paralelo
- Regulador en serie
- Regulador todo o nada
- Regulador PWM

Regulador en Paralelo

El regulador en paralelo funciona cortocircuitando la entrada del generador fotovoltaico mediante un relé de estado sólido y un diodo que impide que la corriente circule hacia el generador en la noche. Estos reguladores son más económicos que los de en serie pero tienen un inconveniente solo se usan con corrientes menores a veinte amperios (Atiaga, Rubén, Pozo, & Fabricio, 2015).

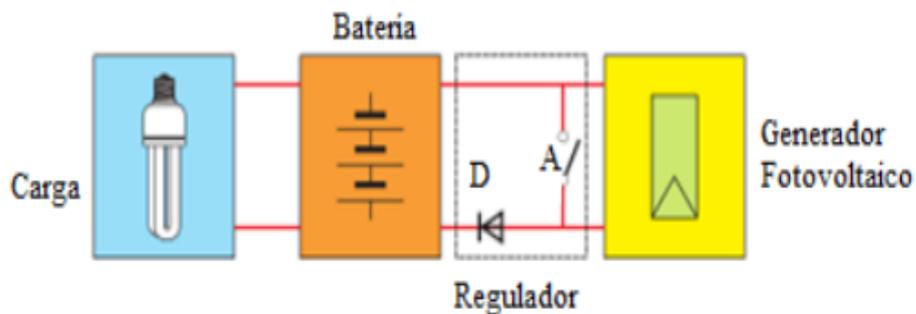


Figura 2. 17 Conexión de un regulador en paralelo
Fuente: (Cobos. & Meneses, 2011).

Regulador en Serie

El desempeño del regulador serie consta de un relé de estado sólido el cual corta la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería. Este tipo de reguladores tiene una ligera ventaja de disipación de energía (Atiaga et al., 2015).

A continuación, se muestra las diferencias entre estos 2 tipos de reguladores.

Tabla 2. 7 Funcionamiento de los reguladores en serie o en paralelo

Función /Tipo de regulación	Serie	Paralelo
Control de sobrecarga	Interrumpiendo la línea módulo FV-Batería.	Cortocircuitando el módulo FV.
Control de descarga profunda.	Interrumpiendo la línea batería-consumo.	Interrumpiendo la línea batería consumo.
Descarga inversa de la batería hacia el módulo FV.	Si el interruptor de control es electrónico, evita la descarga inversa.	En todos casos es necesario un diodo interno que impida que el cortocircuito afecte la batería y así también la descarga inversa
Disipación de potencia por el interruptor de control	No disipa potencia cuando está interrumpiendo la corriente de carga adecuadas para instalaciones de cualquier potencia.	Disipa potencia cuando está cortocircuitando la corriente de carga solo para instalaciones de baja potencia.
Caída de tensión en la línea módulo FV-batería.	En funcionamiento normal, el interruptor de control genera una pequeña caída de tensión.	En función normal el diodo genera una pequeña caída de tensión.

Fuente: (Forget, A., 2011).

2.7.11 Inversor

Un inversor es el único instrumento capaz de efectuar este tipo de conversión, esto quiere decir que modifica la corriente continua producida por los paneles y luego convertirla en corriente alterna según los requerimientos de su uso. Los inversores pueden ser de dos tipos:

- Inversor para sistemas fotovoltaicos autónomos.
- Inversores para sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

El inversor consiste en un solo objetivo que es lograr una onda senoidal pura al otro lado de la conversión y la característica principal (Peña Ortiz & Pinos Vergara, 2014).

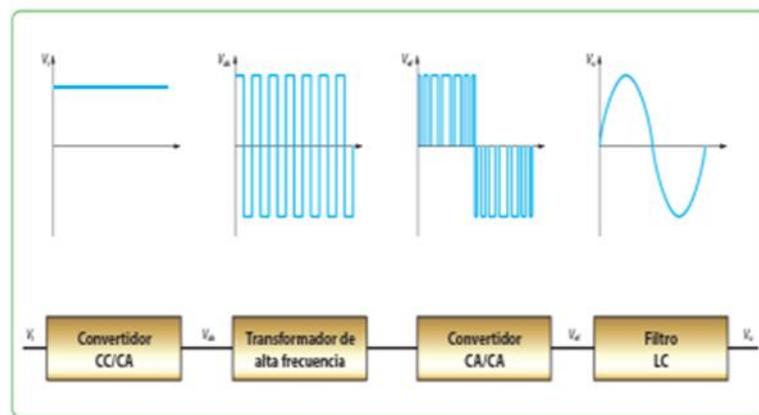


Figura 2. 18 Esquema del principio de un inversor
Fuente: (Judewicz, Fischer, Herran, Gonzalez, & Carrica, 2013).

La característica principal de todo inversor se define por su rendimiento que viene dada por cada fabricante. Estas especificaciones se las relaciona por la potencia de entrada y de salida.

2.7.12 Automatización Industrial

La automatización es un sistema en el cual se trasmite labores de fabricación desarrollándolas continuamente por operarios que manipulan a un grupo de componentes tecnológicos, los sistemas automatizados constan de dos puntos primordiales:

- Parte de operativa
- Parte de mando

2.7.13 Parte Operativa

Su función es intervenir de forma rápida sobre la máquina, al realizar trabajos asignados mediante las órdenes de los componentes. Estos componentes son los accionadores, preaccionadores, de las maquinas que pueden ser finales de carrera, motores, compresores, cilindros.

2.7.14 Parte de Mando

La parte de mando ha evolucionado notablemente con el trascurso de los tiempos desde el lenguaje de contactos o lógica cableada como relé electromagnético o módulos neumáticos a lógica programada de los autómatas donde se sitúan en el centro del sistema ellos tienen que comunicarse con todos los elementos que conforma el proceso industrial (Alvarez, Alfonso, Estor, & José, 2013).

Tabla 2. 8 Ventajas y desventajas de los procesos automatizados

Ventajas	
Niveles óptimos de calidad	Los procesos son mucho más rigurosos que los procesos manuales, vno se produce tiempos muertos.
Repetitividad permanente	Es cuando la acción se repite de manera automatizada ejecutando varias operaciones.
Tiempo de Producción	Dada la eficacia y la exigencia del proceso automático reduce los periodos de fabricación.
Reducción de los costos de mano de obra	Se reduce personal operativo por procesos automatizados.
Mejor calidad del producto	Minimiza el margen de error en los procesos industriales.

Seguridad del personal	El trabajador pasa a operar en procesos de altas temperaturas, en sectores peligrosos en lugar de manipular.
Mejora del flujo de datos	Incorporación de nuevas tecnologías en la distribución de adquisición de datos.
Desventajas	
Personal especializado	Se necesita personal capacitado para la supervisión de procesos automatizados.
Costo de inversión	El costo inicial de inversión es muy elevado.
Dependencia tecnológica	Depende del proveedor seleccionado la fábrica puede verse unida a contratos de mantenimiento.

Fuente: (MCRgrupo, 2016).

2.7.15 Tipos de Automatización

Según (Gonzalez, Getsemani, Gonzalez, & Hugo, 2013) en la actualidad existen cinco formas de automatizar los procesos industriales que son:

- La automatización flexible
- La automatización fija
- El proceso electrónico de datos
- El control numérico computarizado
- Control automático de procesos

2.7.16 Programador Lógico controlado (PLC)

En el mercado existe una gran variedad de programadores de PLC, estos dispositivos electrónicos tienen diferentes lenguajes de programación entre los que se destacan son LADDER (lenguaje de contactos o de escalera), AWL (lista de instrucciones). CFC (de las siglas en inglés Continuous function chart). Son indispensables para ejecutar órdenes que solucionan cálculos matemáticos de una planta o procesos industriales.

En los PLC se pueden incluir bloques de funciones estos juegan un papel importante en el control porque realizan operaciones matemáticas exclusivas para los procesos industriales que permite calcular y calibrar variables indirectas de los procesos industriales (Logreira, Musa, & Pérez, 2015).

Los PLC tienen un número limitado de entradas/salidas digitales y analógicas que pueden ser captadas por elementos eléctricos, electrónicos, o electromecánicos, estos elementos pueden ser sensores o transductores que luego de captar la señal es enviada y procesada por el controlador que dirige una respuesta al actuador.

Tabla 2. 9 Características del PLC Modelo Simatic S7-1200

Características Técnicas	Ventajas	Desventajas
Memoria: Memoria remanente: 2KB Memoria de carga: 2 MB Memoria de trabajo 50KB	Tiene 3 conexiones entre CPU y HDMI	No soporta lenguaje de programación AWL
E/S Integradas Analógicas: 2 entradas Digitales: 14 entradas y 10 salidas	Software incorporado para la programación de la lógica del controlador visualización HDMI, y comunicación en la red fácil.	
Interfaces de Comunicación: Incorporada: Ethernet Módulos: serial RS 485 y RS 232	Tiene la facilidad de comunicarse con dispositivos que no son siemens con Ethernet.	
Ampliación con Módulos: Módulos de señales: 8 Módulos de comunicación: 3	Disponibilidad de tarjetas Signal Board para integrar salidas o entradas	

	analógicas, sin necesidad de un módulo adicional	
Número de conexiones para comunicar de HDMI a CPU:		
3		
Costo estimado con módulos de señales		
\$2100		

Tabla 2. 10 Características del PLC Modelo Simatic S7-300

Características Técnicas	Ventajas	Desventajas
Numero de conexión para HMI a CPU: Reservado: 1 Seleccionable: 7		Tiene un costo bastante elevado a diferencia de un PLC con menos características.
Interfaces de comunicación: Incorporadas en CPU: Ethernet Módulos: AS-interface, serial RS 232 y Rs 422/485, Profibus	Posee funciones tecnológicas como regulador PID y control de motores PAP.	
Ampliación por módulos: Por sistema: 31	Gran velocidad de procesamiento y breves tiempos de reacción	
E/S Integradas Digitales: 24 entradas/16 salidas Analógicas: 4 entradas/2 salidas	Potente gracias a la gran cantidad de funciones integradas	
Memoria: Memoria de trabajo: 32KB Instrucciones: 10KB Memoria de carga: 64KB a 8MB	Posibilidad de realizar estructuras descentralizadas e interconexiones por red con muchas aplicaciones.	
Tensión de alimentación Valor nominal: 24 V CD Rango permitido: 20,4 a 28,8 v	Dispone de un módulo con protocolo de comunicación AS-i	
Costo estimado (incluidos módulos de señales)		
\$ 3500		

Fuente: (Almeida Bermeo & Pachacama Caiza, 2012).



Figura 2. 19 PLC S7-1200 de Siemens
Fuente: (Siemens, 2012).



Figura 2. 20 PLC S7-300 de Siemens
Fuente: (Siemens, 2012).

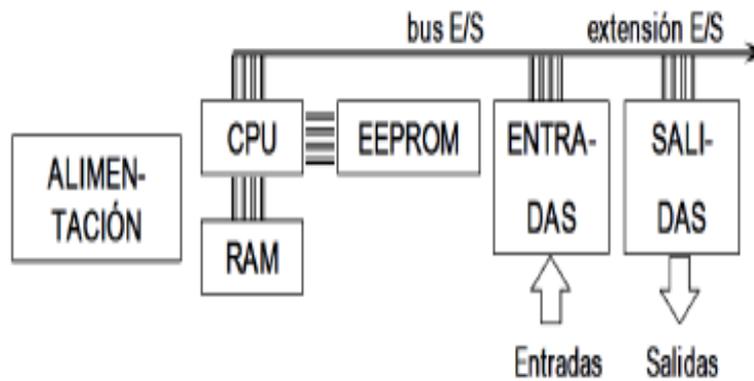


Figura 2. 21 Estructura de un Controlador Lógico Programable
Fuente: (Guamanquispe & Alexandra, 2011).

2.7.17 Sistemas SCADA

La automatización industrial tiene como principal objetivo dirigir los procesos sin participación prolongada de ser operados por personal técnico también llamados operarios. En la actualidad se desarrolla los sistemas SCADA (siglas en ingles de Supervisory Control And Data Adquistion), de manera que podemos controlar y manipular diferentes variables que se muestran en un proceso o planta.

Para la configuración de un SACADA se deben usar distintos periféricos como son el software de aplicación, sistemas de comunicación y unidades remotas, que le brindan al operador visualizar mediante el ordenador y acceder a todo el proceso industrial. Los sistemas SCADA es un conjunto de aplicaciones que permite gestionar y controlar procedimientos automatizados usando una interfaz gráfica que permite acceso a la planta comunicándose de forma digital con instrumentos y actuadores estos sistemas suelen estar empleados en todo tipo de procesos. (Pérez-López, 2015).

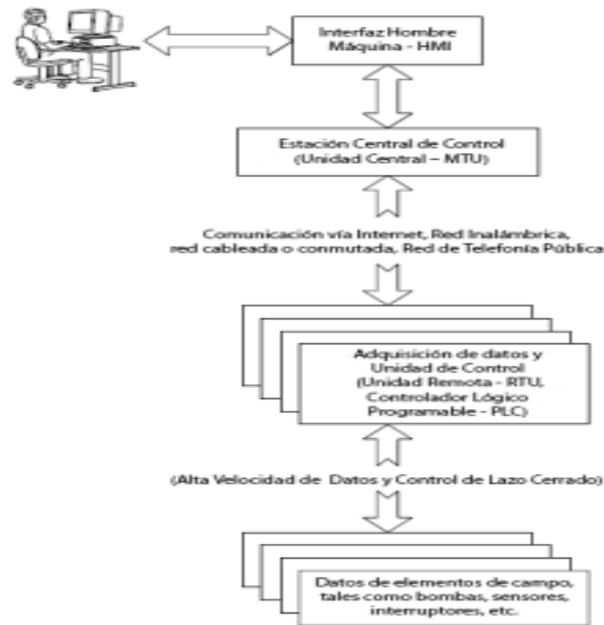


Figura 2. 22 Arquitectura de un Sistema SCADA
Fuente: (Vivanco & Ángel, 2015).

Tabla 2.11 Características de los Sistemas SCADA

Realizar labores de control para modificar la evaluación del proceso. Ejerciendo sobre los reguladores autónomos básicos como alarmas, consignas, o menús.
Adquisición y almacenamiento de datos para procesar y almacenar la información recibida de forma continua y confiable.
Arquitectura abierta y flexible con capacidad de ampliación y adaptación.
Conectividad con otras aplicaciones y base de datos locales y distribuidos.
Trasmisión de información con dispositivo de campo.
Presentación, representación gráfica de los datos.
Interfaz del operador HMI.
Supervisión desde el monitor para las variables de control.

Fuente: (Pérez-López, 2015).

2.7.18 HMI

HMI (por sus siglas en ingles Human Machine Interface) son pantallas táctiles que tienen como desempeño monitorear máquinas y plantas pequeñas, las pantallas son

configuradas mediante el programa WinCC flexible estas pantallas permiten visualizar el proceso industriales (Jaimes, Arley, Cipagauta, & Daniel, 2013).

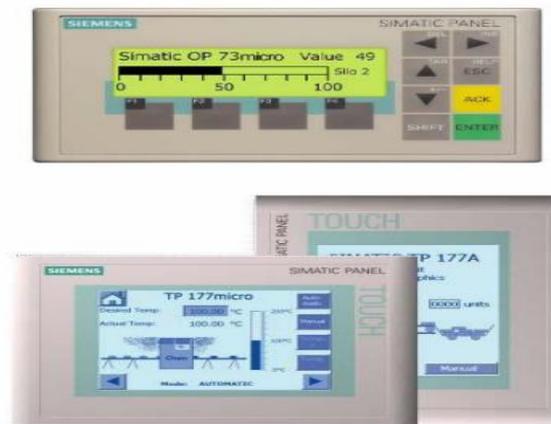


Figura 2. 23 Paneles táctiles y de operador
Fuente: (López, Fernanda, Mayorga, & Javier, 2016).

2.7.19 Electroválvulas

Las electroválvulas regulan el flujo de aire o de líquido de forma automatizada, su funcionamiento se basa en recibir un pulso electromagnético del programador lógico controlado (PLC) y mediante este pulso decide si permite o no el flujo de líquido. La electroválvula 3/2 permite la descarga del sistema al ser accionada por medio de un comando o la activación de un circuito. (M, Alexander, & Chancí Mora, 2015).

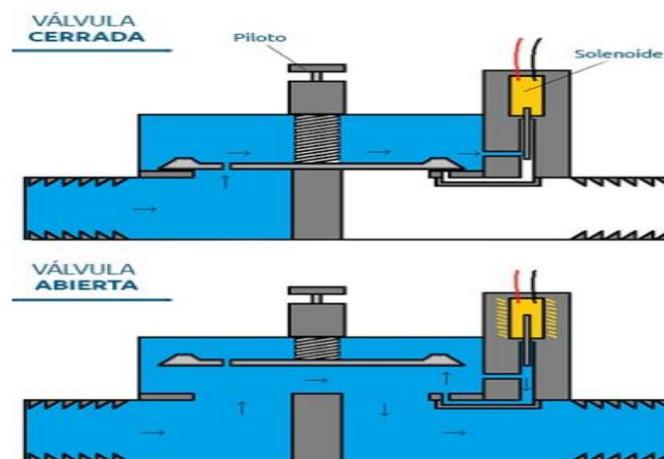


Figura 2. 24 Funcionamiento de la Electroválvula
Fuente: (Novedades agrícolas 2013).

Capítulo 3: Cálculo y Diseño de la Simulación

3.1 Cálculo matemático del Área que se va Regar

Se puede determinar el área que se desea regar:

$$S = 1 \text{ Hectárea} = 10000 \text{ m}^2$$

S= superficie a sembrar

Selección de cultivo a sembrar, en este caso cacao a una distancia de 3 metros:

$$NA = \frac{S}{a} \quad \text{en donde } a = (ds)^2 \quad (Ec) 1$$

Donde:

NA= número de árboles o de plantas

S= superficie a sembrar

a= área ocupada por un árbol o planta

ds= distancia de siembra entre arboles

$$NA = \frac{10000\text{m}^2}{(3\text{m})^2} = 1111 \text{ plantas de cacao}$$

3.2 Cálculo de las Necesidades de Agua del Cultivo

Según Correa & Proaño (2004) la cantidad de agua que las plantas ‘segregan’ es muy excesiva que la que conservan y llega a formar parte de ellas (usado en proceso de crecimiento) .



Figura 3. 1 Cambios del agua desde un suelo de cultivo
Fuente: el autor

3.2.1 Determinación del Cálculo por el Método Penman Monteith:

$$E_{tc} = E_{to} \times K_c \quad (Ec) 2$$

Donde:

$$E_{tc} = \text{Evotraspiracion del cultivo de interes, expresada en, } \frac{mm}{días}, \text{ etc.}$$

$$E_{to} = \text{Evotraspiracion del cultivo de referencia, expresada en, } \frac{mm}{días}, \text{ etc.}$$

$$K_c = \text{Coeficiente de cultivo.}$$

K_c : Es el coeficiente a modificar las variaciones en la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que van creciendo desde la siembra hasta su cosecha.

Para las cuatro etapas fenológicas del cultivo de cacao de K_c es de 0.90 (cultivos en producción).

3.2.2 Datos de una Plantación de Cacao

Tabla 3. 1 Valores para el cálculo de riego del cultivo

Capacidad de retención del suelo	1.45mm/cm
Profundidad de raíces	100cm
Coeficiente del cultivo (K_c)	0.90
Área del terreno	1Ha
Porcentaje de agotamiento	50%
ETp lisimétrico	5.55mm/días
Gasto hidráulico (Q)	50%
Fecha de siembra	Abril 17
Periodo etapa del cultivo	3 años

Fuente: el autor

3.2.3 Determinación de la Frecuencia de Riego

$$ETa = kc \times ETp \frac{mm}{dias} \quad (Ec) 3$$

$$ETa = 0.90 \times 5.55 \frac{mm}{dias}$$

$$ETa = 4.995 \text{ mm/dias}$$

ETa: Es el uso consuntivo durante el periodo del cultivo.

Si la capacidad de retención del suelo es de 1.45mm/cm y la profundidad de la raíz es de 100cm la retención de humedad será 145mm, pero tenemos un porcentaje de agotamiento que es del 50% entonces la lámina de agua a reponer será de 72.5mm.

Tomando en cuenta estos valores y conociendo el consumo diario (4.995 mm/días) y la lámina a reponer es de (72.5 mm), la frecuencia promedio del riego será $72.5/4.995=14.51$ el riego debe realizarse cada 14 días.

3.2.4 Cálculo del Volumen de Agua

Si se conoce que el caudal de riego es de:

$$Q = \frac{50Lt}{seg}, \text{ la lamina de agua aplicarse es de } 72.5mm \quad (Ec) 4$$

Por lo tanto, el volumen será:

$$V = 0.0725 \text{ m} \times 10000m^2 \quad (1Ha) \quad (Ec) 5$$

$$V = 725 \frac{m^3}{Ha} \quad (\text{volumen aplicarse en cada riego})$$

3.2.5 Cálculo de la Duración del Riego

Se debe entender el volumen referido en tiempo ($m^3/hora$) el mismo que esta dado:

$$\frac{50Lt}{seg} \times 3600 seg \times \frac{m^3}{(1000 Lt)} = \frac{180m^3}{hora} \quad (Ec) 7$$

Entonces:

$$\frac{1115.38}{180} = 6.19; \text{ Asi el } Tr = 6 \text{ horas/Ha}$$

Tomando en cuenta el gasto en m^3 / horas (180), tanto como el requerimiento total ($1115.38 m^3/Ha$) por lo tanto, se determinará el tiempo total de riego con la siguiente relación:

$$1115.38 m^3 / 180 m^3 = 6.19 \text{ horas/Ha} \quad (Ec) 8$$

3.3 Por el Método de la Tina de Evaporación Tipo “A” Estándar

3.3.1 Determinación de los Parámetros:

Lb: lámina de riego bruta en milímetros mm.

Eto: Evotraspiracion potencial en mm por dia (mm/día)

Ef: Eficiencia del sistema de riego

$$Lb = \frac{Eto \times Kc}{Ef} \quad (Ec) 9$$

Donde:

Vap: Volumen de agua por planta en litros por planta por día (Lt/planta/día).

Eh: Espaciamiento entre hileras en metros (m).

Ep: Espaciamiento entre plantas en metros (m).

Pas: Porcentaje de área bajo sombra del cultivo en centésimas (80% - 0.80).

D: Días de intervalo de riego.

$$Vap = \frac{Lb((Eh \times Ep) \times Pas)}{D} \quad (Ec) 10$$

Donde:

Ti: Tiempo de riego en horas

Vap: Volumen de agua por planta en litros por planta por día (Lt/plan/día).

Qe: Caudal medio del emisor en litros por hora (Lt/h).

Nep: Números de emisores por planta.

$$Ti = \frac{Vap}{Qe \times Nep} \quad (Ec) 11$$

Donde:

V: Volumen a utilizarse en la parcela en metros cúbicos por día (m^3/dia).

Vap: Volumen de agua por planta en litros por planta por día (Lt/plan/día).

Pha: Numero de plantas por hectáreas.

A: Área de las parcelas por hectáreas (ha).

$$V = \frac{Vap \times Pha \times A}{1000} \quad (Ec) 12$$

3.4 Dimensiones de Equipos Fotovoltaicos Aplicados a Riego

3.4.1 Descripción Hidráulica del Sistema de Bombeo

El volumen diario de agua requerido en el mes de metro cúbicos día (m^3/dia).

$$Rt = 25 m^3/dia$$

Presión de trabajo del sistema de riego en metros (m).

Esta presión la obtenemos sumando la altura total de bombeo que es la diferencia de su altura vertical entre el equipo de bombeo y el estanque de almacenamiento o punto de uso en metros (m).

La distancia de bombeo: recorrido que realizara el agua bombeada hasta el estanque de almacenamiento o más lejano punto de uso en metros (m). A continuación, se detalla el cálculo de presión de trabajo para evaluar la energía diaria aplicada a riego.

3.4.2 Evaluación de la Energía Diaria Aplicada

$$Nesecidad\ de\ energia\ diaria = \frac{(Wh)}{día} \quad (Ec)\ 13$$

$$\left(altura\ de\ bombeo\ (m) + \frac{distancia\ de\ bombeo\ (m)}{100} \right) \times caudal\ \left(\frac{m^3}{día} \right) \times 5.5$$

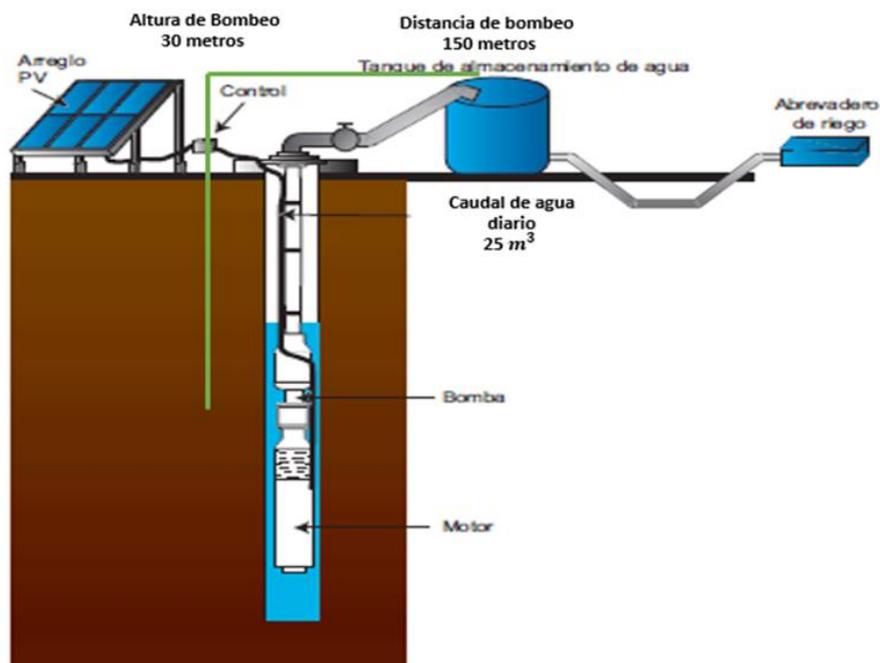


Figura 3. 1 Dimensiones de la presión de trabajo
Fuente: El autor

$$NEd = \left(30\ (m) + \frac{150\ (m)}{100} \right) \times 25 \times 5.5$$

$$NEd = 4331\ \left(\frac{Wh}{día} \right)$$

3.4.3 Cuantificación de Potencia a Instalar

Según Enerix (2015) para cuantificar se necesita los resultados obtenidos de las ecuaciones anteriores:

$$\text{Necesidad de energía diaria} = \frac{(Wh)}{\text{día}} \quad (Ec) 14$$

$$NED = \left(30 (m) + \frac{150 (m)}{100} \right) \times 25 \times 5.5 = 4331 \left(\frac{Wh}{\text{día}} \right)$$

Energía Solar disponible en el área del proyecto de máxima demanda es de marzo con 4.76 KWh/m²/día. Este dato se lo obtiene de la página de la NASA en su sección de meteorología de la superficie y energía solar, se escoge el Ecuador y la parte de territorio específica.

$$PSi = \frac{NEd}{ESa} \quad (Ec) 15$$

Donde:

Psi: Potencia solar a instalar (Wh/día).

NEd: Necesidades de energía diaria.

ESa: Energía solar disponible en el área del proyecto (KWh/m²/día).

$$PSi = \frac{4331(wh/día)}{4.76(KWh/m^2/día)} = 909.87(W)$$

Se instala módulos con una potencia individual de 100 WATT.

$$N^{\circ} \text{ de Módulos} = \frac{909.87 (W)}{100 (W)} = 9.098 = 10 \text{ módulos solares a intalar}$$

3.4.4 Bomba Solar a Instalar

Una vez establecida el requerimiento con las características necesarias se puede ver en el mercado que clase de bomba solar cumple con el sistema de bombeo.

La bomba solar funciona a un rendimiento de 6 horas cada día sabiendo esto ya se puede calcular el caudal horario.

$$Q(h) = \frac{25m^3}{6 Hsp}$$

Donde:

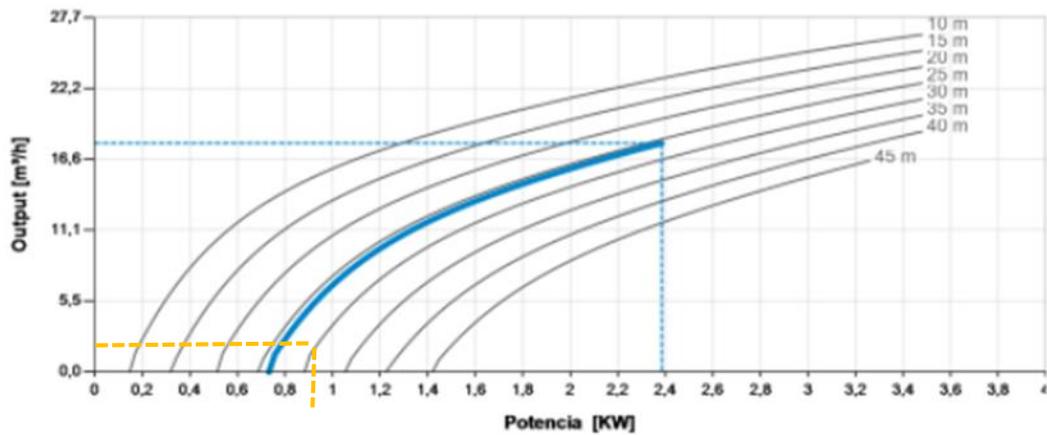
Q(h): caudal horario.

Hsp: hora sol promedio

$$Q(h) = \frac{25m^3}{6 Hsp} 4.16m^3/h$$

$$4.16m^3/h = 5m^3/h$$

Tabla 3. 2 Curva característica de la bomba solar



Fuente: (Lorentz, 2013).

El proyecto requiere una demanda de $5 m^3/h$ es decir, la demanda total es de $25 m^3/h$ según la curva característica se necesitará una potencia para la bomba de 1000WP. Por lo tanto, se necesitará paneles fotovoltaicos de 100W que es igual a 10 paneles para cumplir con lo que requiere la bomba.

La bomba solar a instalar es una 4TSSC5-128-110/1000 que nos brinda el caudal requerido en $5m^3/h$ la bomba costa de un motor con imán permanente sin carbones, hay que conectar 10 paneles solares de 100W en 2 líneas paralelas de 5 paneles. Cada panel debe tener 12V nominal (36 celdas) en serie.

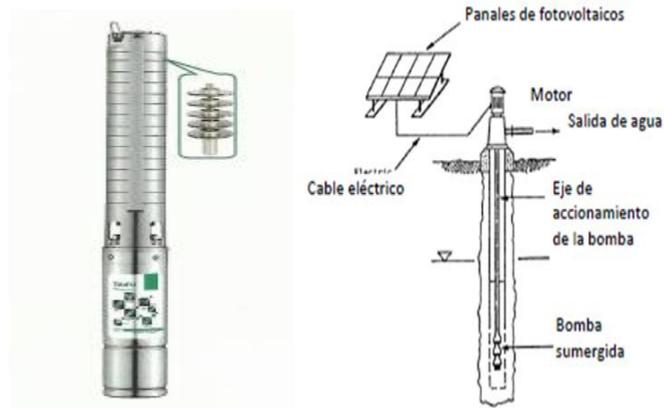


Figura 3. 2 Esquema de una bomba solar
Fuente: (Practical action, 2010).

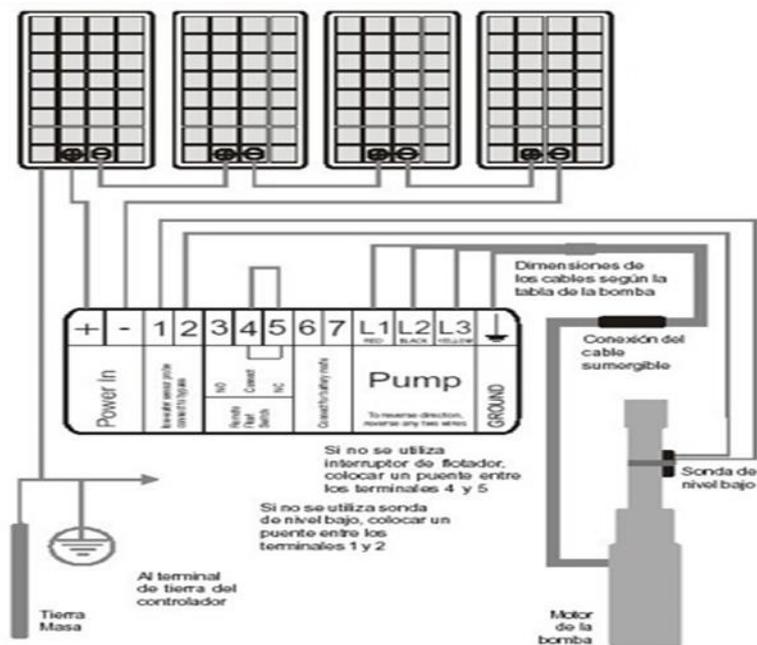


Figura 3. 3 Diagrama de conexión de 4 paneles serie
Fuente:(Code solar, 2011).

3.5 Diagrama de Bombeo

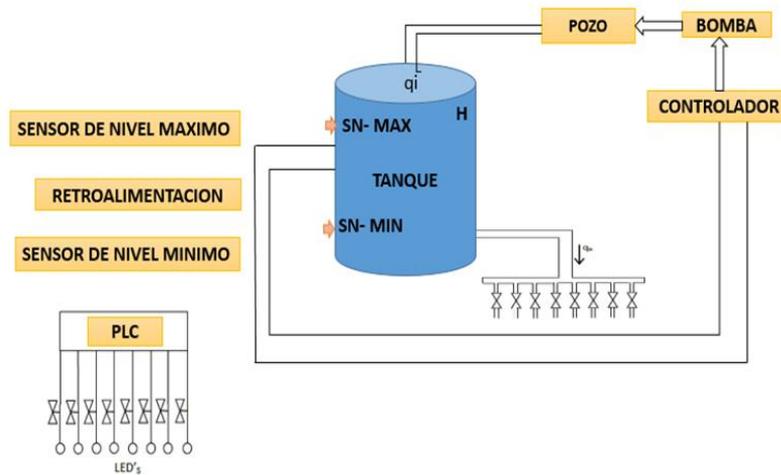


Figura 3. 4 Esquema de bombeo
Fuente: El autor

3.5.1 Variables a Controlar.

$25m^3$ Nivel maximo del tanque

$10m^3$ Nivel minimo del tanque

3.5.2 Proceso de Control de la Bomba

El sistema de bombo es de lazo cerrado:

- Si el nivel de agua alcanza el máximo se apagará la bomba.
- Si el nivel de agua alcanza el mínimo se encenderá la bomba.

3.5.3 Tipo de Control

El control será todo o nada, es decir:

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

3.5.4 Variable a Controlar

- La electroválvula permite o cierra el paso del flujo de agua.

3.5.5 Automatización del Sistema de Bombeo

La configuración se la realizará en el PLC S7- 300

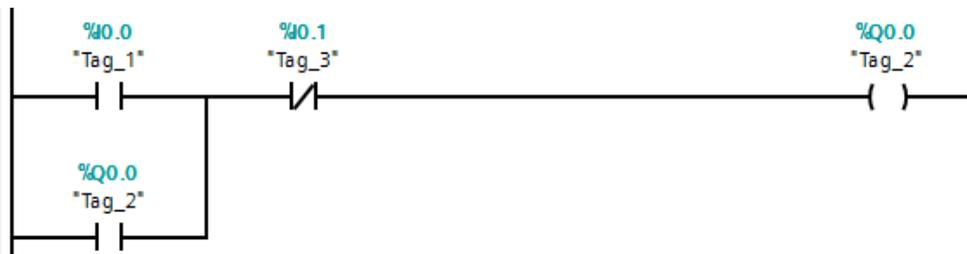


Figura 3. 5 Primera línea de configuración el auto enclavamiento de la bomba
Fuente: El autor

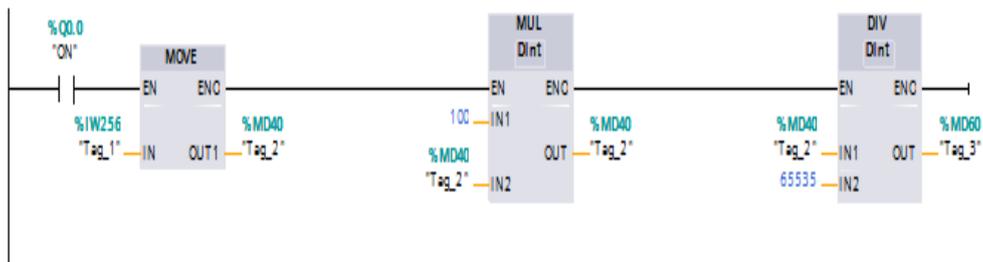


Figura 3. 6 Segunda línea lectura del puerto analógico y conversión de variable a porcentaje
Fuente: El autor



Figura 3. 7 Tercera segmento protección de los paneles fotovoltaicos.
Fuente: El autor

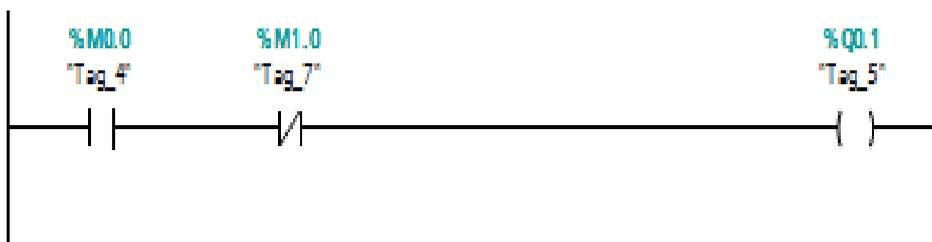


Figura 3. 8 Cuarto segmento encendido y apagado de la bomba
Fuente: El autor

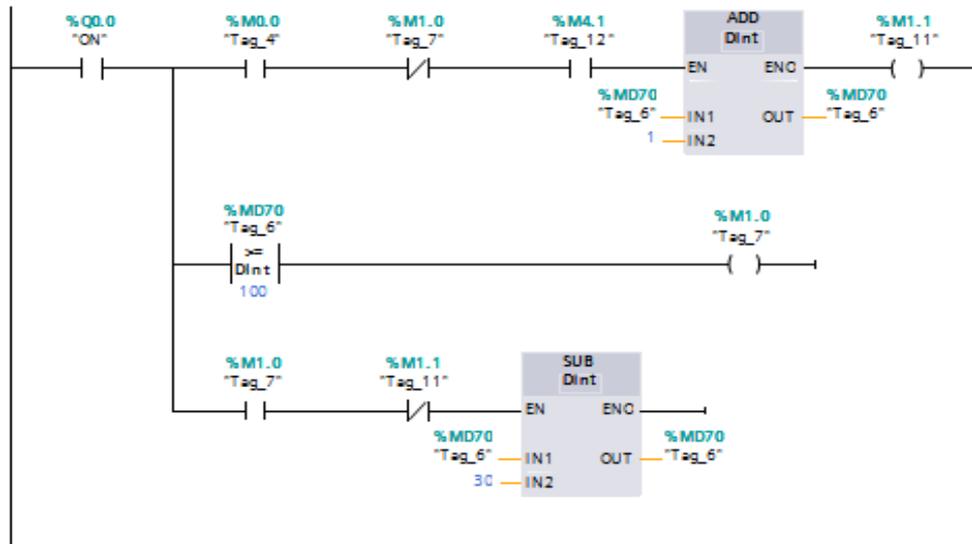


Figura 3. 9 Quinto segmento llenado de tanque y riego a los cultivos
Fuente: El autor

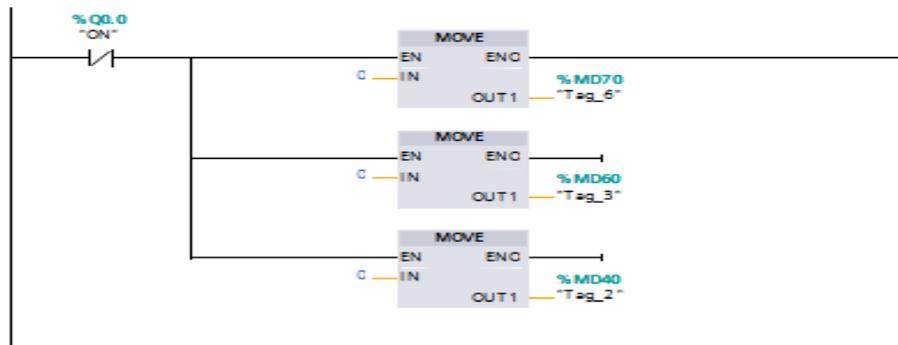


Figura 3. 10 Sexto segmento seteo de variables en 0 al iniciar y apagado del modulo
Fuente: El autor

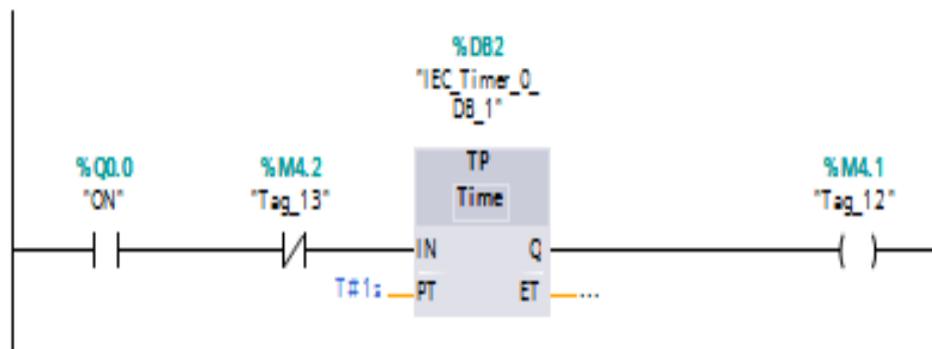


Figura 3. 11 Séptimo segmento generación de pulsos para llenado
Fuente: El autor

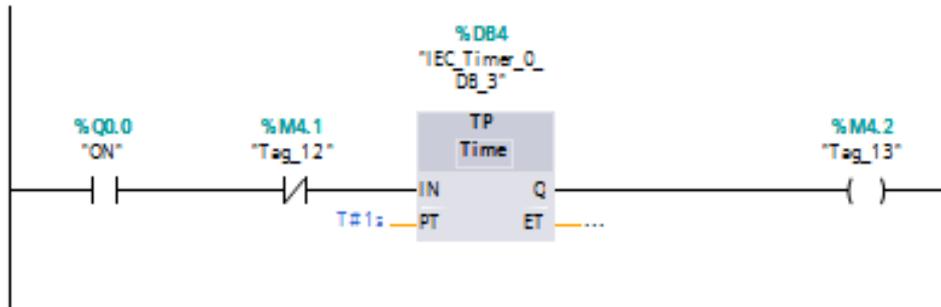


Figura 3. 12 Octavo segmento generación de pulso para llenado
Fuente: El autor



Figura 3. 13 Noveno segmento encendido de la bomba de riego
Fuente: El autor

3.5.6 Configuración del control SCADA usando Wincc.

Revisión de diagrama de dispositivos en red PLC HMI

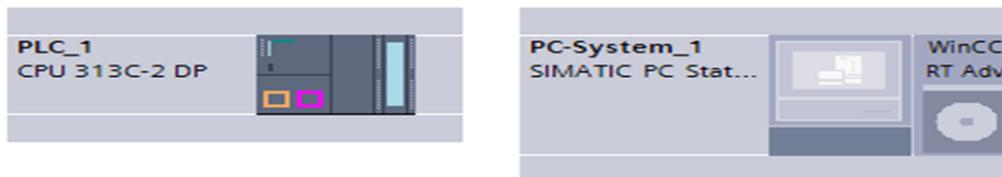


Figura 3. 14 Representación de conexión CPU 313C-2DP en Wincc
Fuente: el autor

Configuración de conexión del PLC mediante Wincc

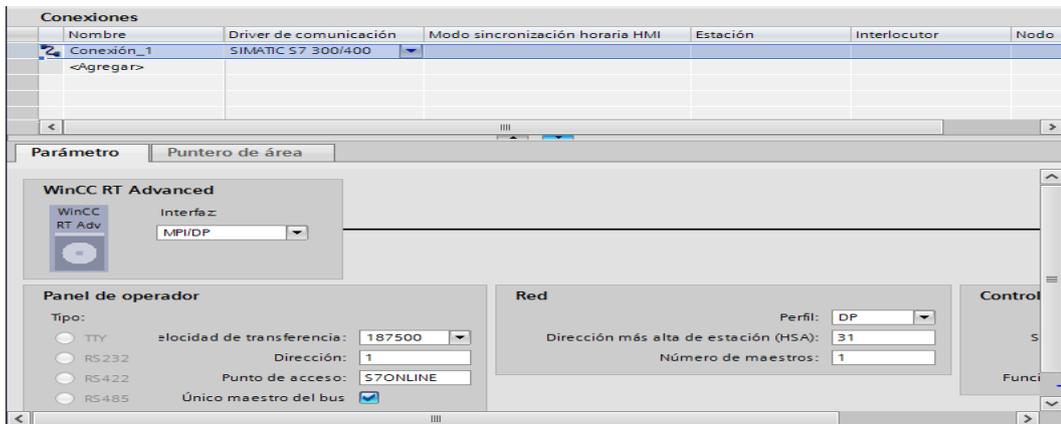


Figura 3. 15 Configuración de parámetros del CPU 313C-2DP

Fuente: el autor

Tabla de variables del HMI

Nombre	Dirección	Modo de acceso	Ciclo de adquisi..	Archi...
Bomba_Riego	%Q0.2	<Acceso absoluto>	1 s	
Marcha	%I0.0	<Acceso absoluto>	1 s	
Paro	%I0.1	<Acceso absoluto>	1 s	
Tag_1	%IW256	<Acceso absoluto>	1 s	
Tag_3	%MD60	<Acceso absoluto>	1 s	
Tag_5	%Q0.1	<Acceso absoluto>	1 s	
Tag_6	%MD70	<Acceso absoluto>	1 s	
<Agregar>				

Figura 3. 16 Elaboración de Tabla de variables

Fuente: el autor

Asignación de las variables del HMI con el PLC

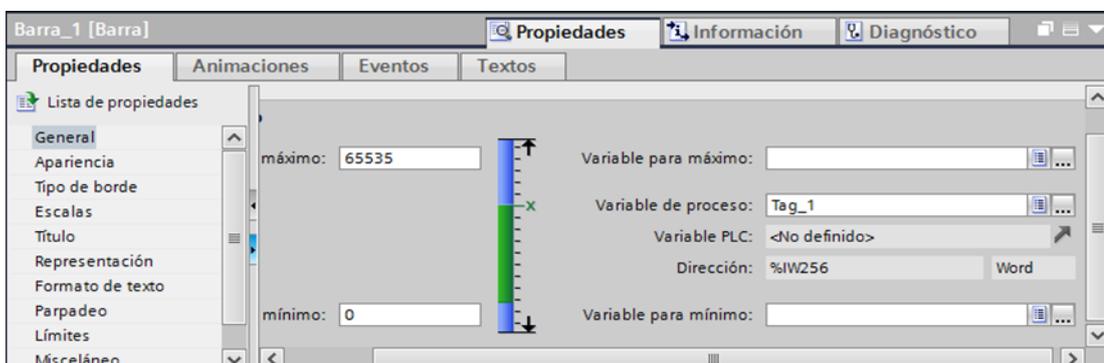


Figura 3. 17 Definiendo Variables

Fuente: el autor

Variable de la bomba de riego

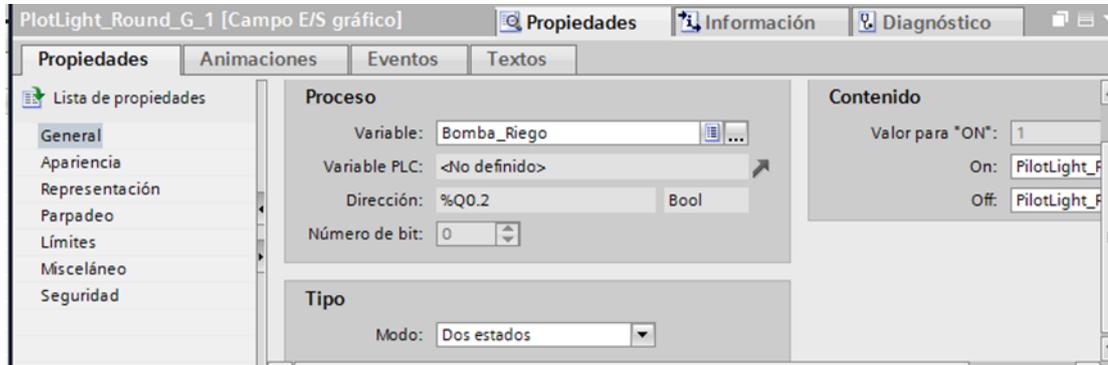


Figura 3. 18 Ingreso de datos en variable Bomba de riego
Fuente: el autor

Variable del botón simulador del encendido de la bomba

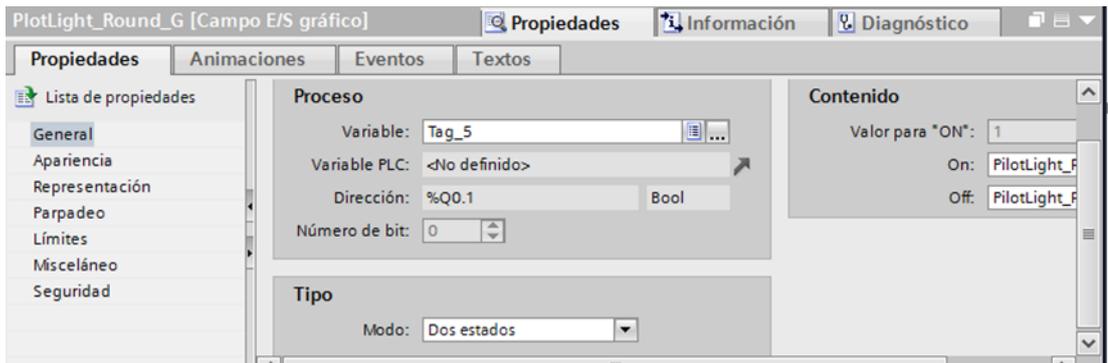


Figura 3. 19 Configuración del botón para encendido de bomba de riego
Fuente: el autor

Barra de porcentaje del 100% de carga de los paneles solares

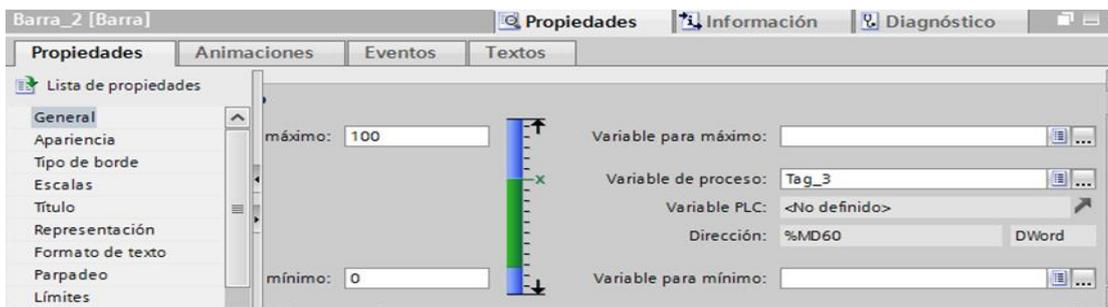


Figura 3. 20 Configurando parámetro de carga del panel fotovoltaico
Fuente: el autor

Configuración General del HMI

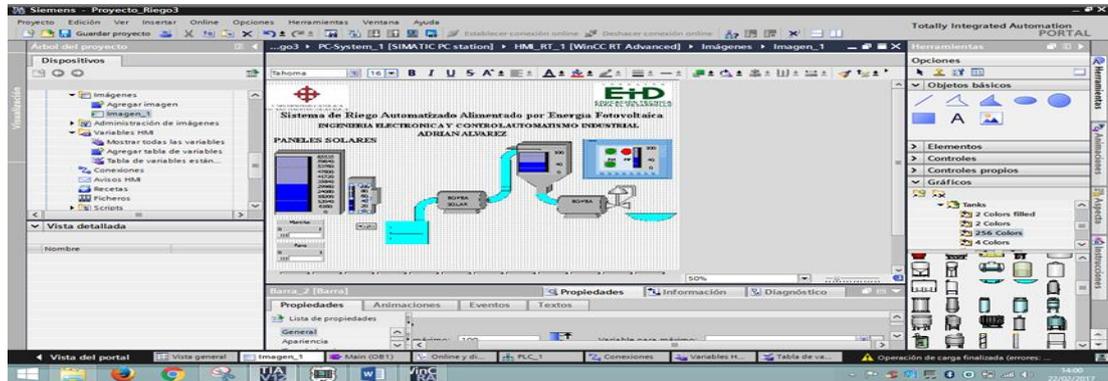


Figura 3. 21 Visualización del proceso de forma gráfica con WinCC
Fuente: el autor

3.5.7 Simulación en Wincc con las Variables del PLC

El sistema de riego automatizado está parado

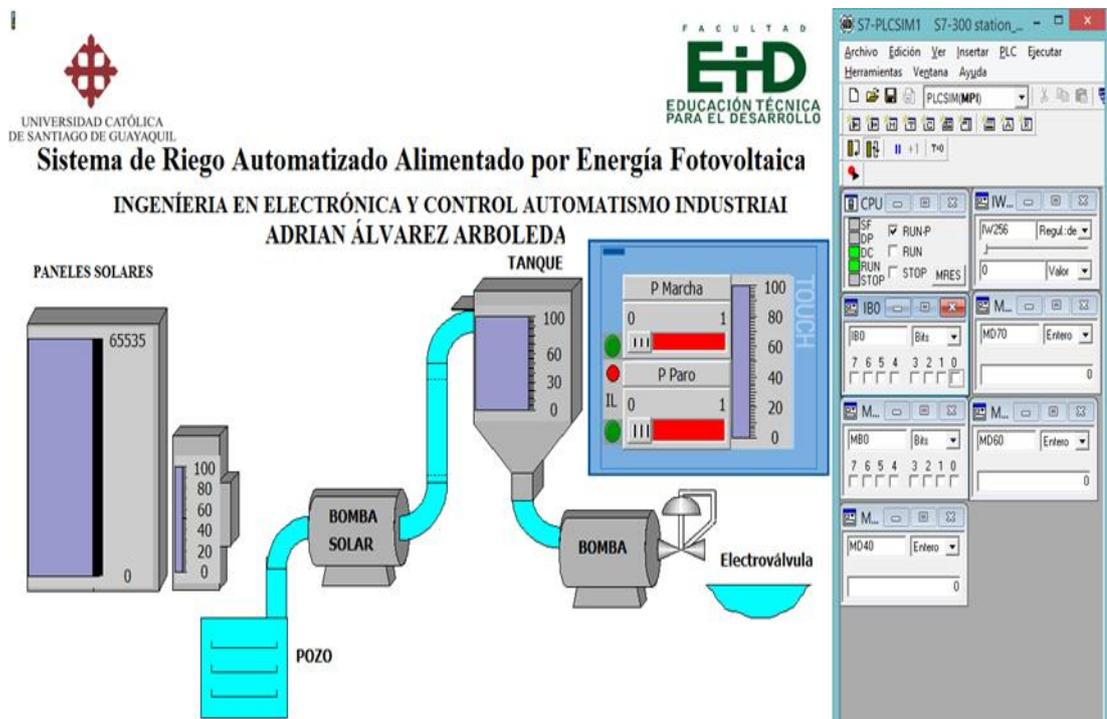


Figura 3. 22 Simulación del proceso de riego automatizado con WinCC
Fuente: el autor

Se pulsa el botón de marcha para iniciar la carga de los paneles

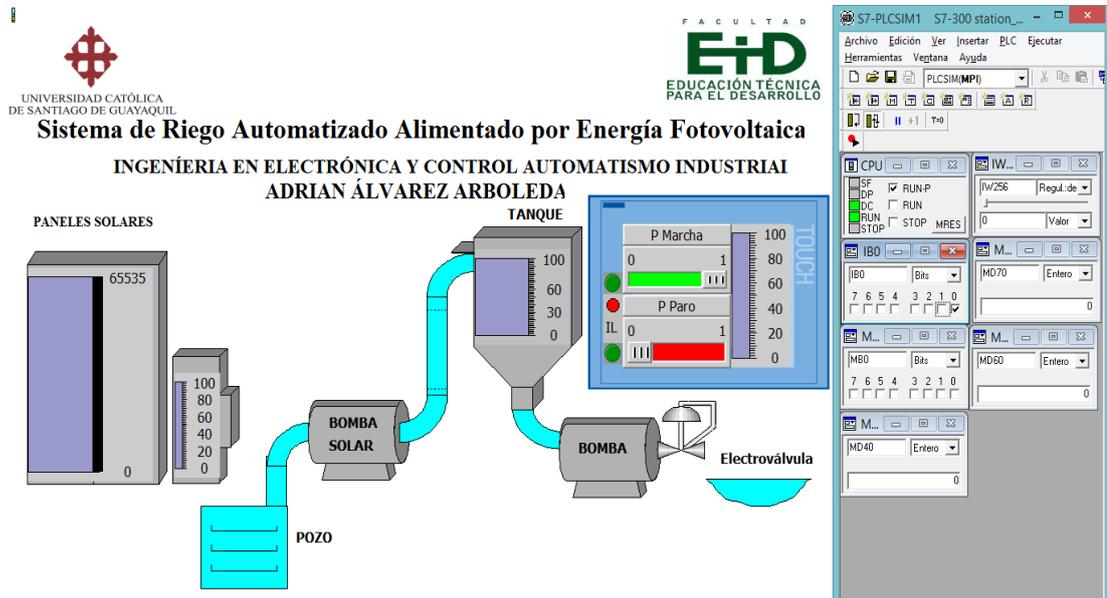


Figura 3. 23 Simulación de carga de energía en paneles fotovoltaicos
Fuente: el autor

Carga de los paneles solares simulados por un regulador slider

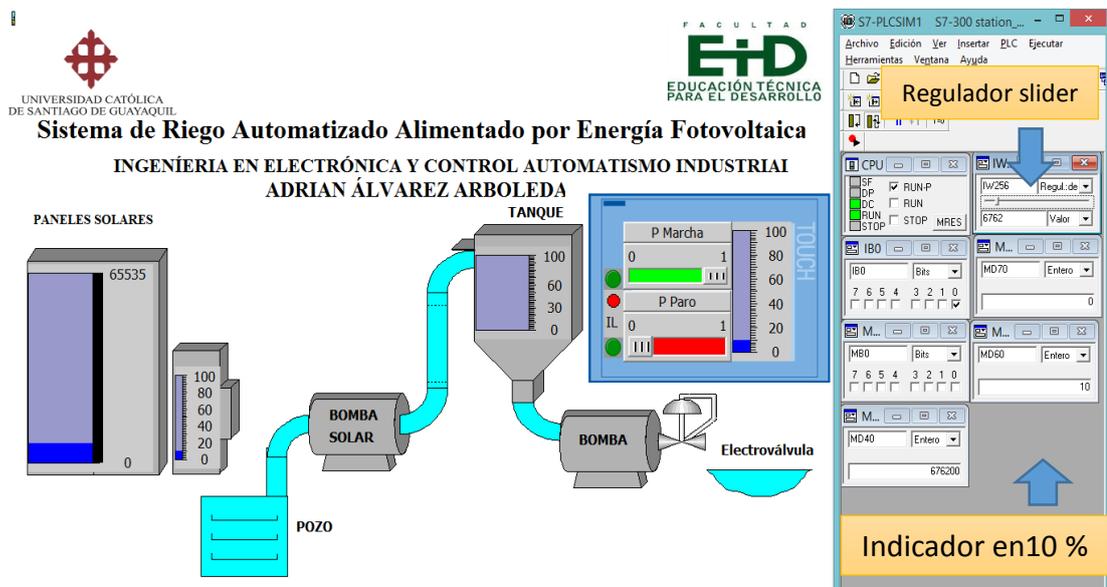


Figura 3. 24 Simulación de operación de slider para la carga del panel fotovoltaico
Fuente: el autor

Carga solar al 25%

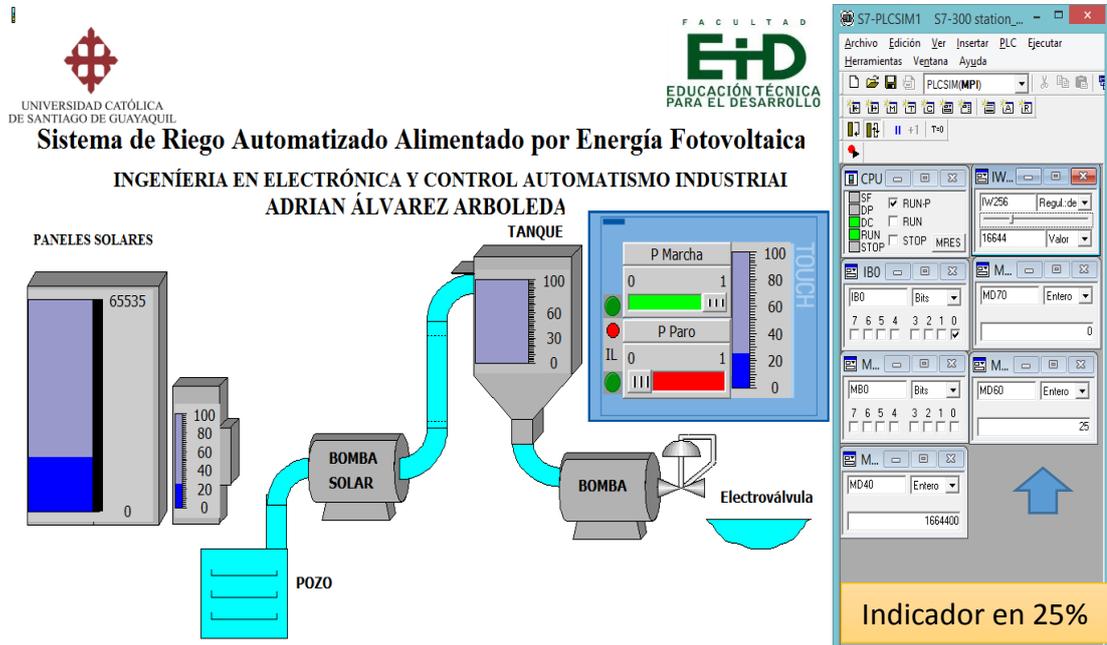


Figura 3. 25 Simulación de carga del panel fotovoltaico al 25%
 Fuente: el autor

Carga de los paneles a 75%

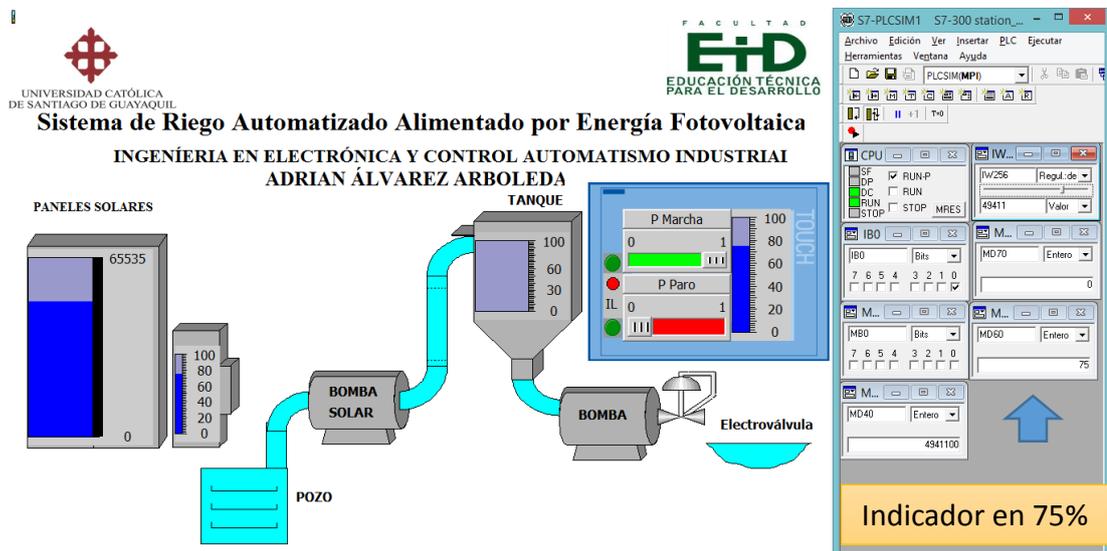


Figura 3. 26 Simulación de carga del panel fotovoltaico al 75%
 Fuente: el autor

Cuando los paneles llegan a cumplir el porcentaje que requiere la bomba solare empieza a llenar el tanque y se enciende nuestro indicador led.

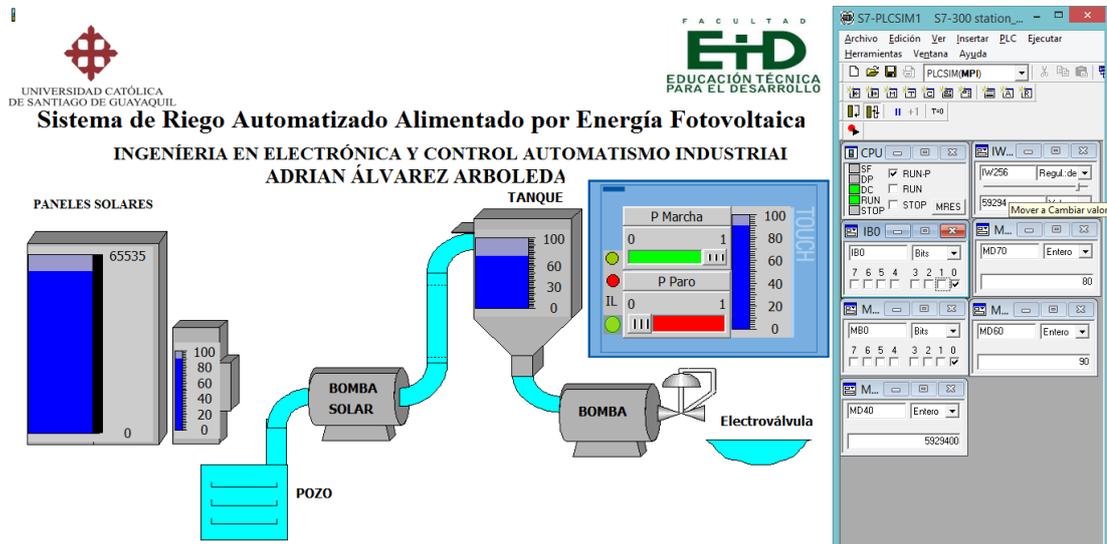


Figura 3. 27 Simulación de carga del panel fotovoltaico al 100%
Fuente: el autor

Carga de los paneles solares al 100% y llenado total del tanque

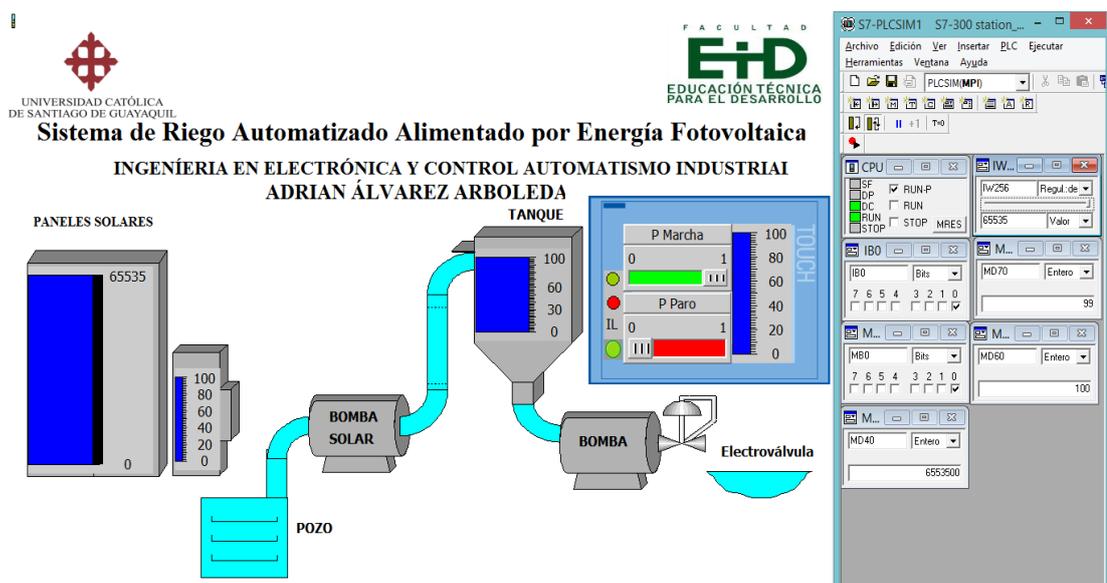


Figura 3. 28 Simulación de carga del panel fotovoltaico al 100% y llenado del tanque
Fuente: el autor

Cuando se presiona el pulsador de paro se detiene el proceso

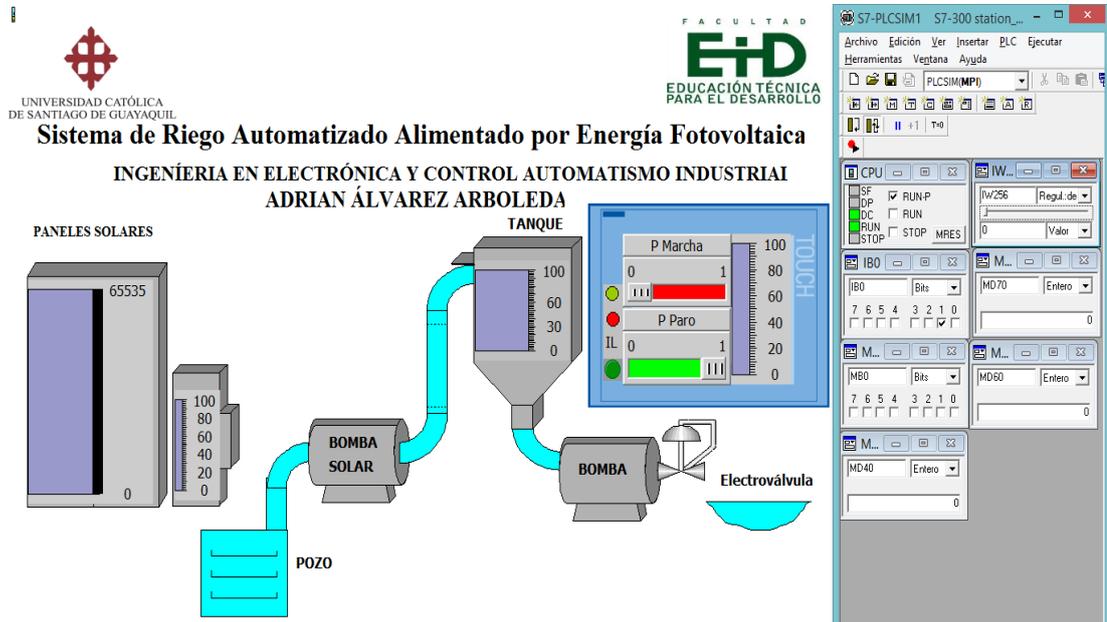


Figura 3. 29 Operación de automatización comprobada.

Fuente: el autor

CAPÍTULO 4: Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- El análisis de este proyecto cumple con las exigencias planteadas utilizando recursos naturales mediante el uso de paneles fotovoltaicos como fuente de energía para el bombeo y abastecimiento del agua que sirve para el consumo, y riego de los cultivos en zonas rurales donde carecen de suministro de energía eléctrica y agua potable.
- Los paneles fotovoltaicos es una clara muestra de energía alternativa siendo estos más viables y estables para alimentar el sistema de bombeo abaratando costos a largo plazo teniendo una amplia ventaja sobre los sistemas de riego tradicionales que usan combustibles.
- Las bombas solares son considerablemente eficientes por que no requieren de baterías su función es bombear siempre y cuando exista radiación solar disponible en el lugar del proyecto.
- El sistema de riego se automatiza mediante los parámetros y coeficiente de los cultivos y las necesidades hídricas que se requieren, optimizando el agua para días no soleados usando SCADA para la simulación del proyecto.

Recomendaciones

- Presentar esta propuesta a sectores estratégicos o entidades gubernamentales con el fin de buscar inversionistas para el desarrollo agrícola de sectores rurales del país donde carecen de servicios de básicos como agua y energía eléctrica.
- Se puede aumentar el número de paneles fotovoltaicos para incrementar la capacidad de bombeo y también usar una línea derivativa para iluminación en el sector.
- El sistema de riego automatizado necesita mantenimiento periódicamente por personal capacitado para alarga la vida útil de los equipos y elementos que lo componen como son los paneles solares, bombas, PLC, sensores, y electroválvulas.

Bibliografía

- Alfonso. (2014, abril 30). Para qué sirven los reguladores solares fotovoltaicos | kitdeenergiasolar.com. Recuperado a partir de <http://kitdeenergiasolar.com/para-que-sirven-los-reguladores-solares-fotovoltaicos/>
- Almeida Bermeo, D. A., & Pachacama Caiza, J. S. (2012). Redimensionamiento y automatización de la máquina de taladro y roscado de piezas modelo Deidesheim LSA-4 para la empresa “F.V.” Recuperado a partir de <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/3238>
- Alvarado dos Santos. (2017, febrero 1). Ventajas y desventajas de la bomba de agua solar. Recuperado el 6 de febrero de 2017, a partir de <http://www.miportalfinanciero.es/articulo/ventajas-y-desventajas-de-la-bomba-de-agua-solar/>
- Alvarez, A., Alfonso, I., Estor, M., & José, M. (2013). Automatización de horno a gas didáctico, controlado por PLC para el laboratorio de máquinas eléctricas de la UPB. Recuperado a partir de <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/904>
- Álvarez Mojena, D. (2015, julio 3). Alternativa de una fuente de abasto para riego por aspersión de la empresa Cuba Soy al norte del canal Zaza. Ciego (Thesis). Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Recuperado a partir de <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/xmlui/handle/123456789/2704>
- Ana Isan. (2013, abril 10). Hidroponía, una agricultura más ecológica y sostenible. Recuperado el 4 de enero de 2017, a partir de <http://www.ecologiaverde.com/hidroponia-una-agricultura-mas-ecologica-y-sostenible/>
- Atiaga, P., Rubén, H., Pozo, R., & Fabricio, D. (2015). Construcción e implementación de un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación, que servirá para el laboratorio de ingeniería electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el periodo 2014. Recuperado a partir de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2971>

- ayanami23. (2012, marzo). Sistemas y/o tipos de riego. Tecnología. Recuperado a partir de <http://es.slideshare.net/ayanami23/sistemas-de-riego-12185335>
- Bella Miguel Alonso. (2005). Sistemas Fotovoltaicos. Recuperado el 6 de enero de 2017, a partir de http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45337/componente45335.pdf
- carlos castellanos, juan castellano. (2012, de Abril del). Sistemas de Riego Archivos. Recuperado a partir de <http://agricultura101.com/sistemas-de-riego/>
- Cobos Márquez, J. A., A. C., P., & Meneses Herrera, D, G. S., O. . (2011). CONTROL DE LA TENSIÓN DEL BUS DE CONTINUA DE UN FILTRO ACTIVO DE TIPO PARALELO. Recuperado a partir de http://www.ja2014.upv.es/wp-content/uploads/papers/paper_18.pdf
- Damia. (2014, noviembre 20). Que tipo de batería es mejor para mi instalación solar? Recuperado el 7 de enero de 2017, a partir de http://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/que-bateria-necesito-en-mi-instalacion-solar_1
- Díaz Juan. (2015, marzo 18). Energía solar fotovoltaica | EFICIENCIA ENERGÉTICA Y UTOPIA. Recuperado a partir de <https://juanfrancisco207.wordpress.com/category/energia-solar/energia-solar-fotovoltaica/>
- Díaz Méndez, R. (2015). Criterios de selección de tecnologías sostenibles de generación de energía para el riego en invernaderos (phd). E.T.S.I. Agrónomos (UPM). Recuperado a partir de <http://oa.upm.es/39490/>
- el ciudadano. (2015, enero 15). Comuneros de Zuleta reciben sistemas de riego por aspersión. Recuperado a partir de <http://www.elciudadano.gob.ec/comuneros-de-zuleta-reciben-sistemas-de-riego-por-aspersion/>
- el regante. (2011). Selección del Aspensor. Recuperado el 5 de febrero de 2017, a partir de <http://galeon.com/elregante/aspensor.html>
- Estefi Batallas. (2011, octubre 26). CULTIVOS HIDROPÓNICOS. Recuperado a partir de <http://blog.espol.edu.ec/ebatalla/>

- Forget, A. (2011). Manual de diseño de sistemas fotovoltaicos aislados. Recuperado a partir de <http://www.astridforget.com/wp-content/uploads/2014/10/Manual-t%C3%A9cnico-AF-solar-FV-VF-110617.pdf>
- Gonzalez, G., Getsemani, F., Gonzalez, L., & Hugo, H. (2013, febrero 28). SISTEMA AUTOMATICO PARA SELECCION Y UBICACION DE PRODUCTOS TERMINADOS DENTRO DE UN PROCESO ESPECIFICO DE MANUFACTURA UTILIZANDO TECNOLOGIA LASER (Thesis). Recuperado a partir de <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/11585>
- Guamanquispe, T., & Alexandra, M. (2011). Sistema automatizado para el control, monitoreo y almacenamiento de datos del módulo Fotovoltaico de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Recuperado a partir de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/552>
- Guerrero, C., Fidel, E., & Conde Danies, F. (2011). Diagnóstico técnico y comercial del sector solar fotovoltaico en la región Caribe Colombiana. Recuperado a partir de <http://repositorio.uac.edu.co/handle/11619/1272>
- Hernandez Johann. (2012). METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS TÉCNICO DE LA MASIFICACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS COMO OPCIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN REDES DE BAJA TENSIÓN. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/7029/1/298307.2012.pdf>
- Hernandez luis. (2011). Sistemas fotovoltaicos: ¿autónomos o conectados a la red? Recuperado el 6 de enero de 2017, a partir de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia38/HTML/articulo02.htm>
- Horcajo, D. (2014, julio 9). RIEGO POR GOTEIO: QUE ES. Recuperado el 4 de enero de 2017, a partir de <http://www.agrohuerto.com/riego-por-goteio-que-es/>
- Humberto Reyes, L. C. (2015, diciembre). Métodos de riego en cacao. Recuperado el 5 de enero de 2017, a partir de <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3770>
- Jaimes, C., Arley, Y., Cipagauta, C., & Daniel, R. (2013). Aplicación del PLC Siemens S7-200 para el posicionamiento automático en una mesa XY monitoreado por

- pantalla táctil. Recuperado a partir de <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/835>
- Judewicz, M., Fischer, J., Herran, M., Gonzalez, S., & Carrica, D. (2013). A Robust Model Predictive Control For Grid-Connected Voltage-Source Inverters. *IEEE Latin America Transactions*, 11(1), 27–33. <https://doi.org/10.1109/TLA.2013.6502773>
- Logreira, H. D. P., Musa, R. Z., & Pérez, J. B. (2015). Programación de Controladores Lógicos (PLC) mediante Ladder y Lenguaje de Control Estructurado (SCL) en MATLAB. *Facultad de Ingeniería*, 24(39), 109–119. Recuperado a partir de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5170929>
- López, C., Fernanda, M., Mayorga, M., & Javier, F. (2016). Implementación de un módulo de clasificación por materiales y tamaños con el PLC y pantalla táctil para el laboratorio de control y automatización de procesos industriales de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la ESPOCH. Recuperado a partir de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5002>
- Ciotti, L. C. (2011, noviembre 16). Sistema de riego por goteo - Artículos - ABC Color. Recuperado el 3 de enero de 2017, a partir de <http://www.abc.com.py/articulos/sistema-de-riego-por-goteo-333347.html>
- Mora, M. (2015). Sistema de apertura y cierre de válvulas en vehículo cisterna de forma remota. Recuperado a partir de <http://repositoriodspace.itm.edu.co:80/jspui/handle/itm/97>
- MCRgruo. (2016, julio 29). Ventajas y desventajas de la automatización industrial | MCR. Recuperado a partir de <http://www.mcr.es/ventajas-y-desventajas-de-la-automatizacion-industrial/>
- Mireles Medina. (2015, de Abril del). Sistema de riego por aspersión simple fijo. Recuperado el 5 de enero de 2017, a partir de <https://prezi.com/4hskthw6v7ha/sistema-de-riego-por-aspersion-simple-fijo/>
- Naranjo, C., Alejandro, G., Núñez, F., & Andrés, J. (2015). Artículo Científico - Diseño, construcción y automatización de un sistema hidráulico para la producción de truchas para la quinta el pedregal en el cantón Salcedo, con aprovechamiento de energía alternativa, mediante un control distribuido.

- Recuperado a partir de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/10579>
- Peña Ortiz, P. A., & Pinos Vergara, F. S. (2014). Parametrización de los sistemas eléctricos fotovoltaicos basados en las condiciones climáticas de la ciudad de Cuenca, aplicados en la Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado a partir de <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/7123>
- Pérez, C., Eduardo, M., Martínez, D., & Julian, M. (2015). Diseño de un sistema de riego por aspersión en la finca el Cedro ubicada en el municipio de Aquitania. Recuperado a partir de <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/13035>
- Pérez-López, E. (2015). Los sistemas SCADA en la automatización industrial. *Revista Tecnología en Marcha*, 28(4), 3–14. Recuperado a partir de http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2438
- Proaño Jaime, D. C. M. J., & Correa Madrid Marcelo. (2004). Estudios de Métodos de manejo y control de Riego para los principales Cultivos de La Península de Santa Elena - UAE Proyectos de Investigación. Recuperado el 13 de febrero de 2017, a partir de <https://sites.google.com/site/uaeproyectosdeinvestigacion/menu/meals/estudios-de-metodos-de-manejo-y-control-de-riego-para-los-principales-cultivos-de-la-peninsula-de-santa-elena>
- Ramón, A. J., & Pineda Erreyes, R. E. (2015). Análisis del rendimiento de los acumuladores de energía del sistema fotovoltaico existente en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Recuperado a partir de <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/7945>
- Sánchez, M., & Antonio, J. (2012). Aplicación de sistemas fotovoltaicos. Recuperado a partir de <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/32669>
- Silvestre, S., Castañer, L., & Guasch, D. (2008). Herramientas de Simulación para Sistemas Fotovoltaicos en Ingeniería. *Formación universitaria*, 1(1), 13–18. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062008000100003>
- Style, O. (2012). *Energía Solar Autónoma: Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo*. Oliver Style.
- Suarez, L., Merchan, S., & Ruben, G. (2016). EVALUACIÓN SOBRE PANELES SOLARES E IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO CON INTERFAZ

PARA MEDICIÓN DE PARÁMETROS MEDIANTE MINICOMPUTADORA RASPBERRY PI. Recuperado a partir de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/31971>

Vallejo, B., Xavier, L., Niveló, O., & Jose, J. (2015). DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA DE GENERACION DISTRIBUIDA CONECTADA A RED PARA AUTOCONSUMO CON SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGIA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS Y ANALISIS DE VIABILIDAD TECNICA Y ECONOMICA. Recuperado a partir de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/31069>

Vivanco, V., & Ángel, M. (2015). Diseño de un sistema scada para la planta de asfalto de la empresa vialzachin. Recuperado a partir de <http://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/11857>

Zuñiga, Y. P. (2015, julio 13). EL PANEL SOLAR. Recuperado a partir de <http://elpanelsolar1999.blogspot.com/>

Anexos



Company name: Energia Alternativa de Mexico
 Created by: Ing Oscar Cantu Giz
 Phone: (899) 925 8988
 Fax:
 Date: 11/19/2013

95027443 60 SQF-3 60 Hz

Input - summary

Water volume (max): 70 m³/day
 Peak month: July
 Head: 10 m
 Sun tracking: No (fixed)
 Solar data location: Monterrey N.L., Mexico (25.7N, 100.3W)
 Data source: U Lowell : MEXSA, type H

Products

Pump: 60 SQF-3, 1 x 95027443
 Solar module: 6 x Conergy 250
 Switch box / control unit: IO 100, 1 x 96475073

Sizing results - summary

Typical performance at solar radiation 800 W/m²

Flow: 10.3 m³/h
 Friction loss: 0.9 m
 Total head: 10.9 m
 Total cable loss: 1.4 %

Cables and pipes:
 Pump cable (pump - solar array)
 Length: 10 m
 Size: 2.5 mm²
 Pipe Length: 10 m
 Pipe diameter:

Water production, Peak flow and Price

Total water production per year: 27200 m³
 Avg. water production per day: 74.4 m³/day
 Average water production per watt per day: 49.59 l/Wp/day
 Peak flow: 10.3 m³/h

Solar module configuration:
 Number of solar modules in series: 3, in parallel: 2
 Solar array rated power: 1.5 kWp
 Solar array rated volts: 90.9 V
 Sun tracking: No (fixed)

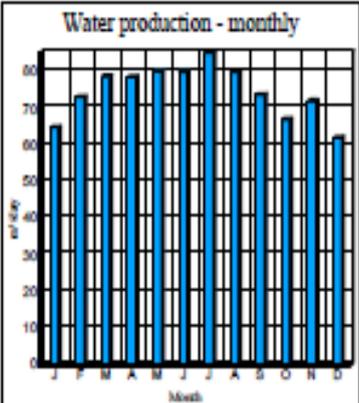
System performance - monthly average

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Water production [m ³ /day]	65	73	79	78	80	80	85	80	74	67	72	62
Energy production [kWh/day]	4.8	5.4	5.8	5.8	5.9	5.9	6.2	5.9	5.4	4.9	5.3	4.6
Radiation horizontal [kWh/m ² day]	2.7	3.4	4.3	4.5	4.8	4.8	5.4	4.7	3.9	3.2	3.1	2.5
Radiation tilt [kWh/m ² day]	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3
Tilt angle [deg.]	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Avg. Temp. [°C]	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Temp. Variation [K]	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

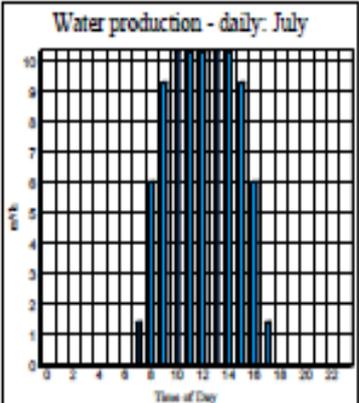
AC power (backup) - water production

Recommended minimum output: 1.5 kW
 AC 115 V: Produces: 13 m³/h
 AC 230 V: Produces: 15.5 m³/h

Water production - monthly



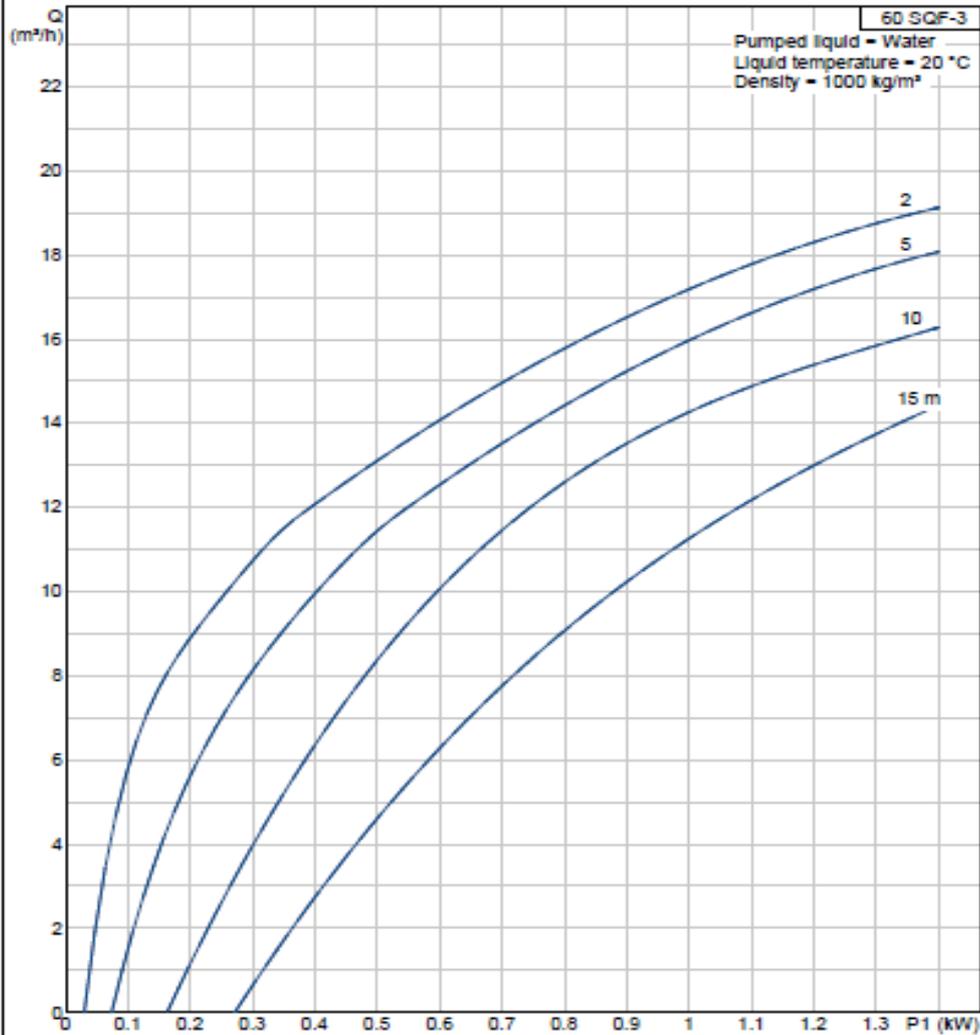
Water production - daily: July



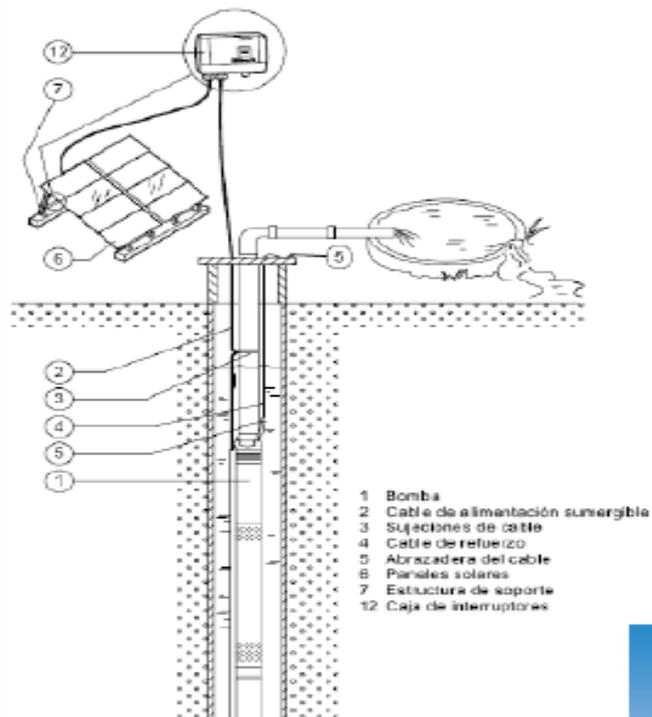


Company name: Energia Alternativa de Mexico
Created by: Ing Oscar Cantu Giz
Phone: (899) 925 8988
Fax:
Date: 11/19/2013

95027443 60 SQF-3 60 Hz



ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN





Site on construction | Sitio web en construcción

info@twsolar.com



APLICACIONES

Funcionamiento continuo e intermitente para aplicaciones de suministro de agua en lugares remotos, por ejemplo:

- Colegios, hospitales, viviendas unifamiliares.
- Granjas: abrevaderos y riego de campos e invernaderos.
- Cotos de caza: abrevaderos.
- Parques naturales: bombeo de aguas superficiales.

VENTAJAS

- Instalación fácil.
- Mantenimiento limitado a limpieza periódica de los paneles solares.
- Pocos y sencillos componentes.
- El circuito de protección incorporado en la unidad electrónica para la bomba en caso de marcha en seco.
- La caja de interruptores puede desconectar la tensión de alimentación a la bomba manualmente cuando no se necesita agua o hay que reparar el sistema.

DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA:

Cumplimentar la hoja de recogida de datos para que el departamento técnico pueda calcular y seleccionar los elementos necesarios para cada instalación.



COMPONENTES

1. Bomba de extracción sumergible:

Tipo: A) Rotor helicoidal para instalaciones con gran altura y poco caudal.

B) Centrífuga para instalaciones con poca altura y gran caudal.

Modelo: a determinar según el proyecto.

Material: Acero inoxidable DIN W.-Nr.1.4301.

Potencia: máxima de 900 W.

Alimentación: continua/alterna.

2. Módulos fotovoltaicos:

Material: células multi-cristalinas PHOTOWATT de silicio policristalino.

Potencia pico: a determinar según el proyecto.

Número: a determinar según el proyecto.

Tensión de alimentación: 12 V.

3. Estructura de soporte metálico para los paneles.

4. Caja de conexiones:

Interruptor on/off (arranque/parada) para conectar y desconectar la tensión de alimentación del sistema.

5. Cable para conexión entre panel y cuadro.

6. Cable para conexión entre paneles solares.

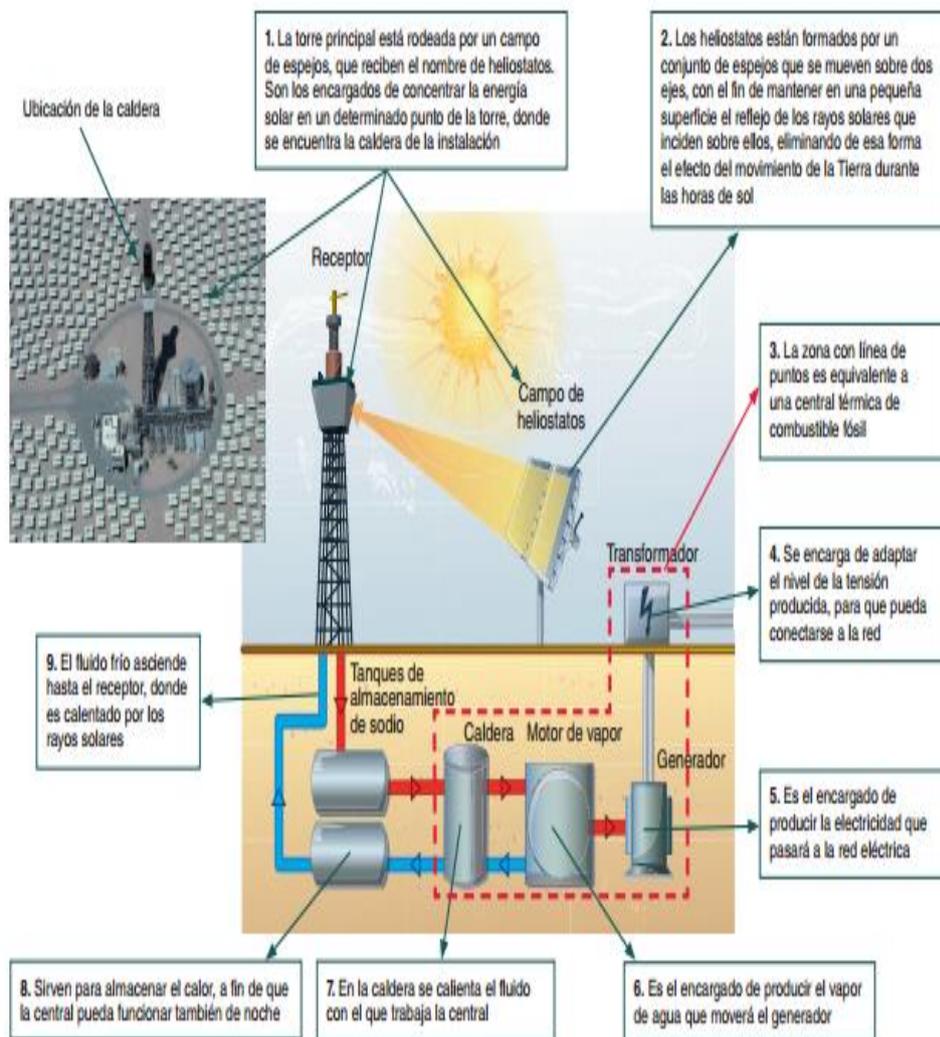
7. Cable eléctrico sumergible.

8. Sujetacables de acero inoxidable.

ACCESORIOS

1. Unidad de control:

Indica el estado y controla el sistema. Permite conectar un interruptor de nivel colocado en un depósito/tanque de agua.



PS200 HR / C
PS600 HR / C
PS1200 HR / C
PS1800 C

Bomba sumergible
sistema 4" con
alimentación solar

MANUAL DE
INSTRUCCIONES,
INSTALACIÓN,
FUNCIONAMIENTO
Y SERVICIO



BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG
Germany

www.lorenz.de / info@lorenz.de

PS600 HR-04

www.0200

1 PRECAUCIONES

Las tensiones en circuito abierto (sin carga) del controlador PS200, superior a 100V; del PS600, superior a 150V y del PS1200 y PS1800, superior a 200V pueden destruir el aparato. Y estas tensiones pueden producirse si el panel solar no está correctamente conectado.

(véase la sección 5.3 de precauciones con el panel solar).
Evítase el funcionamiento del motor sin el controlador PSXXX.

El controlador deberá utilizarse única y exclusivamente para los fines propios de los sistemas de bomba LORENTZ PS.

La instalación, montaje y mantenimiento deberá encomendarse a técnicos especializados. Para realizar la instalación deben mantenerse desconectadas todas las fuentes de energía. Téngase en cuenta el esquema eléctrico correspondiente. Ni el motor ni el controlador tienen piezas que requieran servicio.

Las bombas solares funcionan con menores caudales y tienen tolerancias más estrechas que las bombas convencionales. Las concentraciones extremas de arena o fango (superiores al 2 % en volumen) pueden ser causa de la parada de la bomba o de la obstrucción de los conductos. Evítase el empleo de la bomba para hacer limpiezas de pozos (véase la sección 6.6. sobre los cuidados con agua sucia).

Las bombas de rotor helicoidal son muy sensibles al calor. La bomba debe

mantenerse protegida de la acción solar y de cualquier fuente de calor a fin de evitar bloques temporales. Si la temperatura del agua es superior a 22 °C (72 °F) es preciso utilizar modelos especiales (véase la sección 6.4.).

Cables de sección insuficiente pueden ser causa de fallos de arranque.

Evítense cortocircuitos en la entrada del controlador o en la de la bomba.

La bomba no debe girar en seco bajo ningún concepto. Excepción: comprobación del sentido de giro, máximo 15 segundos.

Antes de la instalación, verificar el correcto sentido de giro de la bomba (sentido horario, visto desde abajo). Si está invertido, cambiar entre sí dos de los tres cables de alimentación de la bomba.

Cuando la bomba se detiene a causa de una sombra o por acción del interruptor de flotador, vuelve a arrancar a los 120 segundos.

La sonda de agua mínima debe estar sumergida. En caso contrario, la bomba de para durante 20 minutos. Si no se utiliza sonda de mínimo nivel, conectar entre sí los terminales correspondientes en la carcasa del controlador.

Los motores de rotor helicoidal (sin C en el número de modelo #) no son autodrenables. Cuando se requiere drenaje, instalar un orificio de purga o realizar el drenaje antes de alcanzar el nivel crítico.

La instalación del sistema deberá llevarse a cabo conforme a la legislación vigente en el lugar de explotación, por parte de un profesional autorizado.

El presente manual es propiedad del dueño de la bomba LORENTZ.

El manual deberá entregarse al citado propietario o al personal de mantenimiento, una vez terminada la instalación.

Para obtener una copia del manual, puede solicitarse al proveedor de la bomba o descargarse de www.lorenz.it.

El presente manual corresponde a los modelos de controlador PS 200, PS600, PS200 y PS1800 como se indica en la portada. Para modelos anteriores (antes de julio de 2008), véanse las versiones 1 y 2.

Copyright © 2002-2005 by BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG. Reservados todos los derechos.



La falta de seguimiento de las presentes instrucciones puede ser causa de la pérdida de la garantía.

TABLA DE TENSIONES

CONTR.	RAN GO (UN)	UMAX
PS200	24 - 48	10,0
PS600	48 - 72	15,0
PS1200	72 - 96	20,0
PS1800	72 - 96	20,0

2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

2.1 Controlador y conexiones

Protección contra el calor del sol Los dispositivos electrónicos son más frágiles protegidos contra el calor. El controlador debe ir montado en la sombra de mediodía. El emplazamiento ideal es directamente bajo los paneles solares o en el lado sur del mástil de montaje. Si no se dispone de sombra, colocar una placa metálica amplia delante del controlador, haciendo de parasol. Esta medida es particularmente importante en sitios calurosos. Un calentamiento excesivo de la unidad puede ser causa de desconexiones por protección térmica.

Emplazamiento del controlador El controlador debe quedar montado en posición vertical para facilitar la evacuación del agua de lluvia. Es preferible colocarlo en la CARA SUR del mástil de montaje o de cualquier otra estructura, para conseguir menor insolación. De esta forma se facilita el acceso sin tropiezos de la cabeza con la parte más baja (norte) de los paneles.

Es recomendable utilizar tuberías de conducción de los cables eléctricos para protegerlos en el exterior de acciones meteorológicas y actividades humanas y animales. Véanse las fotos de las páginas siguientes. Si no fuera posible, deberá optarse por cables de alta calidad para aplicaciones a la intemperie. Si los cables entran en caja de conexión, conviene utilizar prismaestopos herméticos.

Mantener hermética la carcasa del controlador Los orificios que no se usan se cierran para impedir la entrada de animales, insectos, agua y suciedad. Para cada orificio se entrega un tapón con este fin.

Sistema de batería La batería debe ir dispuesta en un lugar fresco para que no se vea acortada su vida útil, aislada con plena seguridad y protegida de la suciedad. El controlador debe montarse cerca de la batería, pero NO en la misma carcasa que ésta. Debe ir aislado de los terminales de la batería y protegido de los vapores corrosivos.

PRECAUCIÓN VERIFICAR LA TENSIÓN antes de conectar la alimentación del controlador. Su valor (en circuito abierto) no debe superar los 100 V en el sistema PS200, 150 V en PS600 y 200V en PS1200 - PS1800 (incluso con tiempo nublado, la tensión en circuito abierto se acerca siempre al valor máximo).

PRECAUCIÓN: Evítase la conexión directa de un amperímetro entre los polos + y - del controlador, ya que se produciría un cortocircuito con una gran descarga de corriente.

PRECAUCIÓN (sólo en los sistemas SOLARES DIRECTOS): Evítase la conexión de cualquier tipo de carga eléctrica a la matriz solar, si no forma parte del sistema de bombas LORENTZ. La incorporación de cargadores de baterías, controladores solares activos de seguimiento, o cualquier otra carga acoplada simultáneamente con el sistema LORENTZ PS puede tener como consecuencia una actuación "confusa" del controlador y perjudicar el funcionamiento.

Esquema de conexiones eléctricas Para los sistemas solares directos, véase el esquema correspondiente al final del presente manual.

POWER IN ENTRADA DE ALIMENTACIÓN Comprobar que está desconectado (OFF) el INTERRUPTOR DE CORTE del panel solar. Si no está presente este interruptor, crear sombra sobre el panel. Conectar la alimentación del panel solar con los terminales de entrada de la carcasa del controlador. Atención a la correcta polaridad. Si no está claramente marcada con +/-, utilizar un voltímetro de CC o un multímetro para analizarla.



PRECAUCIÓN La instalación deberá ser realizada por técnicos especializados. Desconectar toda fuente de alimentación antes de realizar las conexiones del controlador. Utilizar el esquema eléctrico que corresponda. Ni el motor ni el controlador tienen componentes que requieran servicio.



PRECAUCIÓN Las conexiones sueltas es la causa más común de anomalías en el sistema.

Comprobar bien una por una las conexiones y confirmar su seguridad.

4.1. Parámetros fundamentales de la célula solar

- **Corriente de iluminación (I_L):** la corriente generada cuando incide la radiación solar sobre la célula.
- **Corriente de oscuridad:** es debida a la recombinación de los pares electrón-hueco que se produce en el interior del semiconductor.
- **Tensión de circuito abierto (V_{oc}):** la máxima tensión que se obtiene en los extremos de la célula solar, que se da cuando no está conectada a ninguna carga. Es una característica del material con el que está construida la célula.
- **Corriente de cortocircuito (I_{sc}):** máximo valor de corriente que puede circular por la célula solar. Se da cuando sus terminales están cortocircuitados.

Cuando la célula solar es conectada a una carga, los valores de tensión e intensidad varían. Existirán dos de ellos para los cuales la potencia entregada sea máxima: V_m (tensión máxima) e I_m (intensidad máxima), que siempre serán menores que V_{oc} e I_{sc} . En función de estos valores, la potencia máxima que puede entregar la célula solar será:

$$P_m = V_m \cdot I_m$$

Esto nos permite definir un parámetro de la célula solar que recibe el nombre de factor de forma (FF) y que se calcula mediante la fórmula:

$$FF = \frac{V_m \cdot I_m}{V_{oc} \cdot I_{sc}}$$

Así pues, el factor de forma es el cociente entre la máxima potencia que puede entregar la célula a la carga y el producto de la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito. En las células solares más habituales, los valores típicos de FF son 0,7 a 0,8.

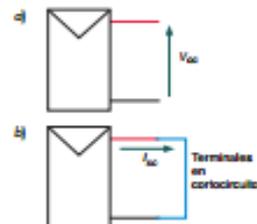


Fig. 1.10. Lugar en que se mide la tensión en circuito abierto [a] y la corriente de cortocircuito [b]. El símbolo en forma de «sobre» representa una célula solar.

Importante

En una célula solar la producción de corriente depende de la irradiancia (nivel de iluminación), de tal forma que a medida que aumenta la irradiancia, aumenta la intensidad a través de la célula.

Caso práctico 1

Cálculo de la potencia máxima de una célula solar

Calcular el valor de la potencia máxima que puede disipar la célula, a 25 °C, a partir de los datos del fabricante:

Código de identificación	Modelo	Potencia máxima		Temperatura de prueba	V_{oc}	I_{sc}
		P_m (W)	V_m (V)			
AM5000	51,0	4,18	0,28	17,0	0,19	0,82
AM5000	51,0	4,18	0,28	17,0	0,19	0,82
AM5000	51,0	4,18	0,28	17,0	0,19	0,82
AM5000	51,0	4,18	0,28	17,0	0,19	0,82
AM5000	51,0	4,18	0,28	17,0	0,19	0,82
AM5000	51,0	4,18	0,28	17,0	0,19	0,82
AM5000	51,0	4,18	0,28	17,0	0,19	0,82

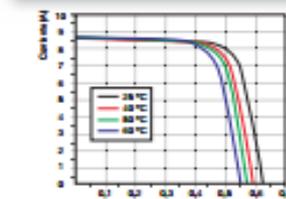


Fig. 1.11

Solución

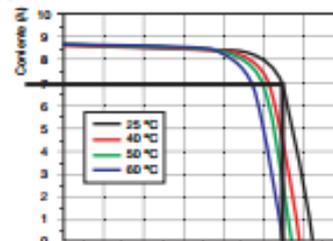


Fig. 1.12

Trazamos una línea desde el valor de V_m hasta que corte con la gráfica que corresponde a 25 °C. Desde aquí, yendo al eje Y, obtenemos el valor de $I_m = 7$ A. La potencia máxima la calculamos a partir de la fórmula:

$$P_m = V_m \cdot I_m = 0,545 \text{ V} \cdot 7 \text{ A} = 3,815 \text{ W}$$

3 CONEXIONADO PARA ROTACIÓN CORRECTA

Los cables de la bomba son negros con las indicaciones en blanco L1, L2 y L3. MARCAR los colores que se asignan a L1/ L2 / L3 para facilitar las conexiones en los terminales L1/ L2 / L3 del controlador de la bomba.

Si los cables de la bomba tienen los colores standard ROJO, NEGRO y AMARILLO, seguir el orden siguiente:

ROJO	NEGRO	AMARILLO	VERDE
L1	L2	L3	Ground

Si los colores de los cables del motor Q2 2005 son marrón-negro-gris, asigna al marrón L1, al negro L2, y al gris L3.

Prueba del sentido correcto de giro de la bomba. Las bombas de rotor helicoidal solamente proporcionan caudal cuando giran en sentido correcto. Si se sumergen en un tanque de agua, producen caudal cuando giran correctamente (para observar el caudal deben sumergirse por lo menos el 75 %).

Alternativa del test en seco Si no se tiene posibilidad de probar la bomba en un tanque de agua, puede recurrirse a la prueba en seco durante sólo unos segundos; lo justo para detectar el sentido de rotación. En la carcasa de la bomba hay una placa metálica con una flecha que indica el sentido correcto de giro. Si la bomba es nueva, conserva la lubricación de fábrica que podría proporcionar hasta 90 segundos de marcha en seco, pero es recomendable no superar los 15 segundos de prueba en seco, el tiempo justo para saber el sentido de giro del eje.

Si no hay posibilidad de seguir los colores o

la identificación de los cables, conectarlos en CUALQUIER orden, aplicar la alimentación y observar si el sentido de giro de la bomba es el correcto. Si está invertido, cambiar entre sí DOS cables CUALESQUIERA de la alimentación. en cualquier caso, una vez terminadas las conexiones entre la bomba y el controlador, verificar si el sentido de giro es el correcto.

Si se instala la bomba sin comprobar las conexiones o el sentido de giro

O BIEN - si gira pero no bombea

En bombas de ROTOR HELICOIDAL (modelos SIN "C" en la denominación) Apagar la bomba. Observar si sale aire por la conducción. Si no sale, cambiar dos cables de alimentación entre sí para invertir el sentido de giro del motor, y volver a observar. Si tampoco se nota aire, elegir el sentido de giro más silencioso (sin vibraciones). Téngase en cuenta que la marcha inversa en seco es muy peligrosa, y no debe durar más de 15 segundos. En las bombas nuevas, con la lubricación de fábrica intacta, este tiempo puede ser de hasta 90 segundos. En muchos casos, la bomba que gira en sentido contrario se desconecta automáticamente por sobrecarga.

En bombas CENTRÍFUGAS (modelos CON "C" en la denominación) En marcha inversa, a penas se produce caudal (mínimo) y NO se deteriora la bomba, si el caudal no es el normal, invertir el sentido de giro, cambiando entre sí dos cables del motor.

Pregunta El motor se nota duro a saltos y difícil de girar mano. ¿Es normal?

Respuesta Sí. Es debido a los imanes permanentes que tiene internamente el motor. Resulta especialmente difícil de girar cuando está conectado con el controlador o si los cables de la bomba están unidos entre sí.



ATENCIÓN Si los cables de la bomba están conectados en orden incorrecto, el motor tiende a girar en sentido inverso a la marcha normal, y la bomba no funciona. Pueden producirse daños. ANTES de instalar la bomba, comprobar el sentido correcto, como las AGUAS DEL RELOJ, visto desde arriba.



PRECAUCIÓN En la prueba del sentido de marcha, la bomba no debe funcionar más de 15 segundos.



4 SISTEMAS CON BATERÍAS

Los sistemas de bomba PSXXX pueden usar baterías.

Para configurar el controlador al modo de funcionamiento con baterías, conectar un puente entre los terminales 6 y 7.

De esta forma se activa el seguimiento MPP y la desconexión por tensión insuficiente.

Conexión: La batería se conecta directamente con el controlador PSXXX y NO en los terminales de salida de carga del cargador. De esta forma se evitan problemas con los aumentos de corriente en la fase de arranque de la bomba. El controlador PSXXX cuenta con una función de desconexión por tensión insuficiente, para proteger la batería contra descargas profundas.

Algunos controladores de carga monitorizan la capacidad de la batería y regulan la carga en consecuencia. Esta función no actúa cuando la batería se conecta con el controlador PSXXX. Para obtener un proceso de carga correcto, el cargador debe disponerse a regulación orientada a tensión, conectando un puente en el cargador. Consulte el manual del fabricante del cargador.

Protección contra sobrecargas: Instalar un fusible o un disyuntor cerca de la fuente de alimentación. Utilizar, respectivamente, un disyuntor de 25 amperios (sistemas PS200 o PS600) o un fusible retardado (super lento), para 24 o 48 V. Esta protección proporciona seguridad en caso de fallo de las conexiones, y permite desconectar el

sistema durante la instalación o el mantenimiento. Los controladores PSXXX cuentan con protección electrónica contra sobrecorrientes.

Dimensiones de los cables de CC: Las dimensiones de los cables deben ser tales que no introduzcan una caída de tensión mayor del 5 % a 20 amperios (arranque).

Consultar la placa de cables para 48V, o aplicar los siguientes ejemplos:

Sistema de 24 V:
Cable #10 para longitud máxima de 30 pies.
Métrica: 6 mm² para un máx. de 10 m.

Sistema de 48 V:
Cable #12 para longitud máxima de 22 pies.
Métrica: 4 mm² para un máx. de 13 m.

LONGITUDES MAYORES: Para aumentos del 150 %, utilizar el tamaño siguiente de cable.

Comutación ON/OFF: Puede realizarse desde el interruptor de alimentación del controlador o desde el control remoto (interruptor de flotador).

Función de desconexión por tensión insuficiente: Las baterías de electrolito ácido pueden deteriorarse por exceso de descarga cuando su tensión cae por debajo de un determinado valor crítico. Para evitarlo, el controlador del sistema de batería PS se desconecta cuando la tensión es baja, y vuelve a conectarse cuando se recupera. Los puntos de actuación son:

sistema de 24 V: DESC a 22 V / CON a 24 V
sistema de 48 V: DESC a 44 V / CON a 48 V

Un controlador desconectado puede reponerse a conexión apagándolo y encendiéndolo, pero vuelve a desconectarse rápidamente si la batería no se ha recargado suficientemente.



PRECAUCIÓN: El controlador PSXXX NO es un regulador de carga de baterías. Un regulador de carga evita excesos de carga de la batería. Se utiliza normalmente con sistemas de baterías recargables. Asegúrese de que el control es apropiado para el tipo de baterías que se van a utilizar (las baterías encapsuladas utilizan ajustes de tensión más bajos que las de electrolito líquido.)

Sistemas de bombas solares centrífugas PSk2

Sistemas de bombas sumergibles para pozos de 6" y 8"



Los sistemas LORENTZ PSk2 son nuestra próxima generación de bombas de agua solares diseñada de entregar el mayor volumen de agua en una amplia gama de alturas. Las bombas PSk2 funcionan igualmente bien en proyectos de riego y en aplicaciones de agua potable de área extensa donde satisfacen de forma fiable los requisitos más exigentes, económicamente y sin el uso de combustibles fósiles o una conexión a la red.

PSk2 proporciona todas las características y funciones que los proyectos de agua de mayor escala requieren incluyendo una amplia gama de entradas de sensores y vigilancia y manejo incorporada. PSk2 también es compatible con los servicios LORENTZ CONNECTED para vigilancia y manejo remoto rentable. Aunque técnicamente avanzado, PSk2 es simple de especificar, instalar y mantener y ofrece un rendimiento excepcional impulsado por la experiencia larga de LORENTZ en bombeo solar fuera de la red.

Beneficios

- ROI muy fuerte frente al bombeo impulsado por diesel, lo que reduce los costos de producción de agua y la huella de carbono.
- Técnicas de administración de energía para entregar la mayor cantidad de agua basada en la potencia disponible.
- Entradas y salidas en USB para proporcionar una solución económica de unidad única.
- Amplia gama de productos para corresponder mejor a cada aplicación y optimizar la eficiencia.
- Especificación, instalación y configuración rápida para tener una implementación rápida y tiempo de inactividad mínimo.
- Diseño de producto modular inteligente para la reparación del producto simple y rentable.
- Funciones de vigilancia y control poderosas que están incorporadas proporcionan información operacional detallada y acceso simple a funciones avanzadas.

Características

- Diseñado en Alemania con materiales de alta calidad no corrosivos.
- Carcasa IP54 / NEMA 3A resistente a la corrosión.
- 0-100% control de la velocidad del motor.
- Amplia gama de entradas para influir en el comportamiento de la bomba.
- Vigilancia y manejo incorporado incluyendo la grabación integrada de los datos de rendimiento para 5 años, el acceso al PumpControler Android™ App a través de dispositivos inteligentes y la integración al servicio de gestión remota LORENTZ pumpMANAGER.
- Medición de la irradiación incorporada y control de la bomba basado en la potencia disponible.
- Integración con el LORENTZ SmartPSU para conexión a la red / al generador y una mezcla de potencia.

Sistema de bomba		PS 9k2	PS 15k2	PS 21k2	PS 25k2
Altura máxima (TDH)	(m)	120	140	120	120
Caudal máx.	(m ³ /h)	136	235	218	112
Funcionamiento solar					
Tensión en circuito abierto (Voc)	(VDC)	Max. 850	Max. 850	Max. 850	Max. 850

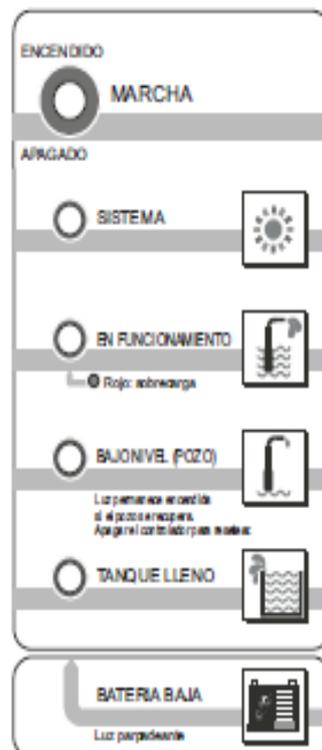
* Máxima eficiencia en condiciones de prueba estándar: 40 °C ± 1, 1 ± 100 W/m², temperatura de salida: 25 °C



Para más información, visite www.lorentz.de

5 FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA

Descripción del funcionamiento del interruptor y de los pilotos luminosos del controlador de la bomba.



INTERRUPTOR

MARCHA / PARADA

Si se acciona el interruptor en pleno funcionamiento, se provoca la reposición del sistema de lógica.

Pilotos luminosos

SISTEMA (verde)

Controlador conectado y presencia de energía. En condiciones de baja energía, el piloto señala si hay suficiente potencia para hacer funcionar la bomba.

EN FUNCIONAMIENTO (verde)

Motor en marcha. La secuencia de intermitencia indica la velocidad de la bomba. Véase más adelante el significado de la secuencia.

SOBRECARGA (el verde pasa a rojo)

BAJONIVEL DE POZO (rojo)

El nivel de agua queda por debajo de la sonda de baja. Cuando el nivel se recupera, la bomba vuelve a arrancar, pero este piloto parpadea lentamente hasta se vaya el sol, se interrumpe la alimentación o se realice un reset con el interruptor POWER. De esta forma se señala la caída de nivel desde el último ciclo de encendido/apagado.

TANQUE LLENO (rojo)

Bomba desconectada por acción del interruptor de flotación remoto (o por el presostato o el interruptor manual conectado en los terminales "remote float switch").

BATERIA BAJA (piloto del tanque intermitente)

Sólo en sistemas de batería – La tensión de batería ha caído a 44 / 22 V y aun no se ha recuperado a 48 / 24 V.

Indicación RPM: La velocidad de giro de la bomba se indica con el número de destellos del piloto LED ON.

LED permanente	> 900
Un destello	> 1200
Dos destellos	> 1600
Tres destellos	> 2000
Cuatro destellos	> 2400
Cinco destellos	> 2800

Sistemas de bomba solares de superficie PS



Las bombas de superficie LORENTZ PS son productos de alta calidad diseñados para aplicaciones de trazo de agua, gestión de estanques e irrigación que requieran una bomba de superficie.

La gama LORENTZ PS de bombas de superficie con alimentación CC están conectadas a un generador solar por medio de un controlador. El controlador proporciona entradas para monitorizar los niveles del tanque de almacenamiento y controlar la velocidad de la bomba, y utiliza tecnología de seguimiento del punto de máxima potencia para optimizar el volumen de agua bombeado.

Ventajas

- Largo vida útil y antecedentes de funcionamiento acreditados.
- Diseñados para el uso en condiciones remotas y adversas.
- Diseño modular inteligente que posibilita un mantenimiento y una reparación sencillos y económicos.
- Instalación rápida y sencilla.
- Flexibilidad de recambios rentable.
- Rentabilidad de la inversión mejorada en comparación con el bombeo alimentado por gasóleo, reduciendo los costes de producción y la huella de carbono.

Características

- Diseñados en Alemania.
- Construidos íntegramente en materiales de alta calidad resistentes a la corrosión.
- Conexión solar directa con opciones de conexión CA.
- Tecnología MPPT para maximizar el uso de energía procedente de módulos PV.
- Motores sin escobillas ECDRIVE CC, diseñados para funcionamiento solar con una eficiencia superior al 90%.
- Registrador de datos opcional.



Sistema de bomba	PS150 Base	PS100 CS-F	PS1000 CS-F	PS1000 CS-F
carga eléctrica total (COT) máx. [W]	150	40	50	70
caudal máx. [m ³ /h]	1.5	0.3	0.3	1.8
funcionamiento solar:				
voltaje a potencia máx. [VCC]	> 17	> 68	> 102	> 238
voltaje de circuito abierto [Voc] [VCC]	máx. 50	máx. 150	máx. 200	máx. 375
voltaje nominal [VCC]	12-24	24-48	72-96	108-192
funcionamiento con batería:				
voltaje nominal [VCC]	12-24	48	96	-
tipo de bomba	desplazamiento positivo	bomba centrífuga	bomba centrífuga	bomba centrífuga

*1. Módulos PV en condiciones de prueba estándar: $AM = 1.5$, $G = 1000 \text{ W/m}^2$, temperatura de célula 25°C .

Para más información, visite www.lorentz.de

Funcionamiento de la bomba - Continuación

Arranque de la bomba comprobar que no existe ninguna válvula cerrada ni obstrucciones en los conductos de agua. Conectar el interruptor de la matriz y accionar el interruptor del controlador. Lo normal es arrancar siempre con los dos interruptores encendidos, a menos que se desee mantener el sistema desconectado.

Una bomba de sistema solar directo debe arrancar en las siguientes condiciones:

1. Sol claro con un ángulo de incidencia de unos 20° o más sobre la superficie de los paneles.
2. Condiciones nubladas; si el sol brilla, preparar una sombra artificial.
3. Sonda de baja sumergida en la fuente de agua (o puente en el controlador) - Piloto de nivel bajo apagado.
4. Interruptor de flotación sin respuesta al nivel de tanque lleno - Piloto de tanque lleno apagado.
5. Sistema de batería sí/no - Tensión por encima del nivel mínimo de desconexión (22 o 44 V).

Con sol insuficiente Cuando hay sol en los paneles, pero es demasiado débil para que la bomba pueda funcionar, se produce una tentativa de arranque cada 90 segundos. En cada maniobra se ilumina el piloto de control de la bomba.

Cuando la marcha de la bomba es lenta (bomba conectada) con sol débil:

1. Modelos de bomba PS con "C" en la denominación — Utilizan un sistema de bomba centrífuga. Con sol débil, la bomba puede girar sin transportar de agua hacia la toma de salida. Este efecto es normal.
2. Modelos de bomba PS sin "C" en la denominación — Utilizan un sistema de bomba de rotor helicoidal (desplazamiento positivo). Mientras la bomba gira, suministra agua, aunque sea con un caudal bajo.

Detención de la bomba por efecto de una sombra repentina en el panel solar

Cuando la bomba se para por efecto de una sombra repentina como la que se crea al transitar una persona frente al panel, el controlador pierde la pista de la tensión de entrada, pero esto NO es ningún problema, y la bomba vuelve a arrancar tras el retardo normal.

Retardos de tiempo

1. Tras la detención de la bomba por insuficiente insolación — 120 SEGUNDOS
2. Tras la reposición del interruptor de flotación por tanque lleno — 2 a 3 SEGUNDOS
3. Tras el nuevo contacto de la sonda de baja con agua en la fuente — 20 MINUTOS, pero el piloto de control se ilumina intermitentemente durante el resto del día, o hasta que se desconecta la alimentación o se acciona el interruptor del controlador off/on.
4. Sistemas de batería — Tras alcanzarse el punto de desconexión por baja tensión, retardo de algunos SEGUNDOS. Tras la recuperación de la tensión — algunos SEGUNDOS.

Para forzar un arranque rápido Para probar o analizar el sistema, puede conectarse un puente en el circuito de retardo. Desconectar el interruptor de alimentación POWER y conectarlo de nuevo. La bomba debe arrancar de inmediato, siempre y cuando se disponga de energía suficiente.

Vibración de la bomba Algunos modelos de bomba PS utilizan sistemas de ROTOR HELICOIDAL (los modelos SIN "C" en la denominación). En este tipo de bombas es normal una ligera vibración. Si el ruido es molesto puede probarse a cambiar la posición de la bomba. Los modelos de bomba PS con una "C" en la denominación son del tipo CENTRÍFUGO, similares a las bombas convencionales, y producen muy pocas vibraciones.

SOBRECARGA DE LA BOMBA (el piloto de BOMBA CONECTADA PUMP ON pasa de verde a rojo) El sistema se ha desconectado debido a una sobrecarga. Esto puede ser debido a un bloqueo del motor de la bomba, y tiene como consecuencia un aumento excesivo de la corriente. La detección de sobrecargas requiere que la potencia de salida de la matriz solar sea superior a 250 vatios. La causa de la anomalía puede deberse a una acumulación excesiva de sedimentos en la bomba. El controlador realiza 3 intentos de arranque antes de desconectar el sistema. El piloto LED ON del sistema pasa a OFF, y se enciende el piloto LED rojo de sobrecarga OVERLOAD. Véase "SOBRECORRIENTE" en la sección 9.3 de anomalías.

6 CORRECCIÓN DE ANOMALÍAS

Lea atentamente esta sección antes de llamar para cualquier consulta.

Antes de llamar, vea los datos de modelo y número de serie (véase INFORME DEL SISTEMA, página 3).

6.1 Si la bomba no funciona

La mayor parte de los problemas se deben a defectos (instalaciones nuevas) o fallos en las conexiones; en especial a desconexiones en los terminales. El piloto System ON indica si el sistema está conectado y acoplado con el controlador. Indica la presencia de VOLTAGE, pero (en sistemas solares directos) puede que la energía sea insuficiente para el arranque de la bomba, el arranque puede requerir un tiempo de espera de 120 segundos.

La bomba intenta arrancar cada 120 segundos pero no puede.

El controlador hace un pequeño chasquido cuando intenta arrancar la bomba, y ésta trata de girar o justamente vibra un poco.

1. Insuficiente energía proporcionada por el controlador. Un sistema solar directo (sin batería) debe arrancar si hay luz solar suficiente para crear sombras ligeras. Un sistema de baterías debe arrancar cuando la tensión de alimentación es superior a 22 V (sistemas de 24 V) o a 44 V (sistemas de 48V).
2. Si la bomba se ha conectado (o vuelto a conectar) hace poco con el controlador y tiende a girar en sentido inverso, es debido a un error de conexión. Véase la sección 3.
3. Si el motor no gira, y sólo produce vibraciones, puede ocurrir que solamente reciba corriente en dos de sus tres conexiones. Esto puede ser debido a la interrupción de una de las conexiones o a un cambio accidental de una de las conexiones por la toma de tierra.
4. La bomba o las conducciones pueden estar obstruidas con arena o fango barro.
5. Modelos de rotor helicoidal: Puede que la bomba haya funcionado en seco. Desmontar el estator (cuerpo exterior) del motor, para acceder al rotor. Si aparecen rasbos de caucho en el rotor, cambiar la cabeza de bomba.
6. Modelos de rotor helicoidal: Posible anomalía en la válvula de chequeo. Facilitar la purga con la bomba desconectada para facilitar el arranque.

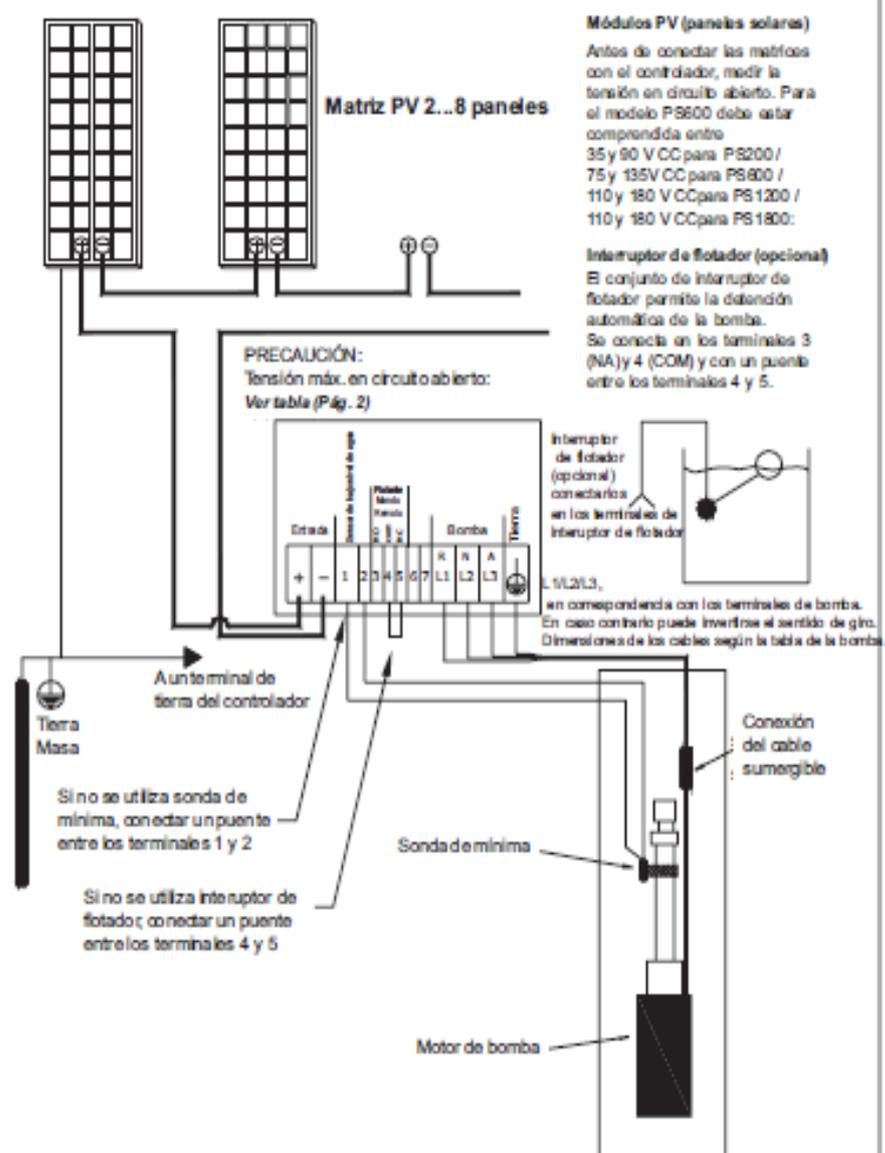


PRECAUCIÓN:
LA VÁLVULA DE CHEQUEO NO DEBE DESMONTARSE de la bomba.

Para ver la seguridad acumulada en el interior de la bomba es preferible desmontar el cuerpo. **SI ES IMPRESCINDIBLE DESMONTAR LA VÁLVULA DE CHEQUEO, utilizar un adhesivo de sellado de bombas, o cola epoxy. Los hilos de rosca no se afectan. El montaje se suelta si no se recurre a un sellante. La cinta de teflón proporciona un buen cierre, pero no impide que la unión se afloje.**

SOBRECARGA DE LA BOMBA (el piloto de BOMBA CONECTADA PUMP ON pasa de verde a rojo) El sistema se ha desconectado debido a una sobrecarga. Esto puede ser debido a un bloqueo del motor de la bomba, y tiene como consecuencia un aumento excesivo de la corriente. La detección de sobrecargas requiere que la potencia de salida de la matriz solar sea superior a 250 vatios. La causa de la anomalía puede deberse a una acumulación excesiva de sólidos en la bomba. El controlador realiza 3 intentos de arranque antes de desconectar el sistema. El piloto LED ON del sistema pasa a OFF y se enciende el piloto LED rojo de sobrecarga OVERLOAD. El sistema arrancará apagando el interruptor ON / OFF y volviéndolo a encender.

7 ESQUEMA DE CONEXIONES DEL SISTEMA SOLAR DIRECTO (SIN BATERÍA)



Sinopsis del producto

1

1.1 Introducción al PLC S7-1200

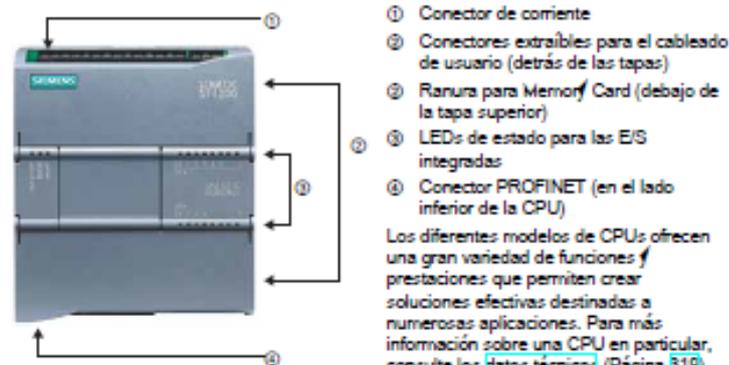
El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

Numerosas funciones de seguridad protegen el acceso tanto a la CPU como al programa de control:

- Toda CPU ofrece protección por contraseña que permite configurar el acceso a sus funciones.
- Es posible utilizar la "protección de know-how" para ocultar el código de un bloque específico. Encontrará más detalles en el capítulo "Principios básicos de programación" (Página 93).

La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS485 o RS232.



PLC300

El PLC300 es un robusto controlador lógico programable que concentra las funcionalidades de CLP y I+M. Compacto, configurable y de bajo costo, perfecto para atender sus necesidades en el control de máquinas y pequeños procesos industriales.

- 10 entradas digitales (2 rápidas), 9 salidas digitales (1 rápida), 1 entrada y 1 salida analógica incorporadas
- Hasta 02 módulos de expansión E/S centralizados
- Posibilidad de expansión de E/S digitales y analógicas vía red CANopen
- Entrada de encoder (100 kHz) incorporada
- I+M con display LCD de 4 líneas x 20 caracteres con backlight y teclado configurable
- Hasta 240 pantallas programadas por el usuario
- USB para comunicación con computador (programación y monitoreo)
- Tarjeta de memoria tipo SD (Secure Device) para almacenamiento de datos, programas y log de eventos
- Interfaz de comunicación: Modbus-RTU y CANopen (Maestro/Esclavo), Ethernet - Modbus TCP / IP
- Memoria de programa de 512 KB



Herramienta de Programación WPS

- Software suministrado gratuitamente
- Programación en lenguaje ladder conforme IEC 61131-3
- Monitoreo on-line de las variables y de la lógica del programa
- Gráficas on-line para monitoreo de variables



Síntesis del producto

1.1 Introducción al PLC S7-1200

Función	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75		110 x 100 x 75
Memoria de usuario	<ul style="list-style-type: none"> • Memoria de trabajo • Memoria de carga • Memoria remanente 		<ul style="list-style-type: none"> • 50 KB • 2 MB • 2 KB
E/S integradas locales	<ul style="list-style-type: none"> • Digitales • Analógicas 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 entradas/4 salidas • 2 entradas 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 entradas/6 salidas • 2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)		
Área de marcas (M)	4096 bytes		8192 bytes
Ampliación con módulos de señales	Ninguna	2	8
Signal Board	1		
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)		
Contadores rápidos	3	4	6
<ul style="list-style-type: none"> • Fase simple • Fase en cuadratura 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 a 100 kHz • 3 a 80 kHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 a 100 kHz • 1 a 30 kHz • 3 a 80 kHz • 1 a 20 kHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 a 100 kHz • 3 a 30 kHz • 3 a 80 kHz • 3 a 20 kHz
Salidas de impulsos	2		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C		
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		

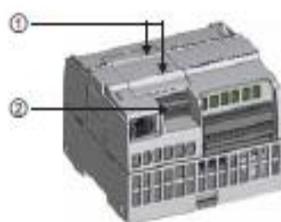
La gama S7-1200 ofrece una gran variedad de módulos de señales y Signal Boards que permiten ampliar las prestaciones de la CPU. También es posible instalar módulos de comunicación adicionales para soportar otros protocolos de comunicación. Para más información sobre un módulo en particular, consulte los [datos técnicos](#) (Página 315).

Módulo		Sólo entradas	Sólo salidas	Entradas y salidas
Módulo de señales (SM)	Digital	8 entradas DC	8 salidas DC 8 salidas de relé	8 entradas DC/8 salidas DC 8 entradas DC/8 salidas de relé
		16 entradas DC	16 salidas DC 16 salidas de relé	16 entradas DC/16 salidas DC 16 entradas DC/16 salidas de relé
	Análogo	4 entradas analógicas 8 entradas analógicas	2 salidas analógicas 4 salidas analógicas	4 entradas analógicas/2 salidas analógicas
Signal Board (SB)	Digital	-	-	2 entradas DC/2 salidas DC
	Análogo	-	1 salida analógica	-
Módulo de comunicación (CM)				
<ul style="list-style-type: none"> • RS485 • RS232 				

1.2 Signal Boards

Una Signal Board (SB) permite agregar E/S a la CPU. Es posible agregar una SB con E/S digitales o analógicas. Una SB se conecta en el frente de la CPU.

- SB con 4 E/S digitales (2 entradas DC y 2 salidas DC)
- SB con 1 entrada analógica



- ① LEDs de estado en la SB
- ② Conector extraíble para el cableado de usuario

1.6 Visualizadores

Puesto que la visualización se está convirtiendo cada vez más en un componente estándar de la mayoría de las máquinas, los Basic Panels SIMATIC HMI ofrecen dispositivos con pantalla táctil para tareas básicas de control y supervisión. Todos los paneles tienen el tipo de protección IP66 y certificación CE, UL, cULus y NEMA 4x.



KTP 400 Basic PN

- Mono (STN, escala de grises)
- Pantalla táctil de 4 pulgadas con 4 teclas táctiles
- Vertical u horizontal
- Tamaño: 3.8"
- Resolución: 320 x 240
- 128 variables
- 60 pantallas de proceso
- 200 alarmas
- 26 curvas
- 32 KB memoria de recetas
- 6 recetas, 20 registros, 20 entradas



KTP 600 Basic PN

- Color (TFT, 266 colores) o monocromo (STN, escala de grises)
- Pantalla táctil de 6 pulgadas con 6 teclas táctiles
- Vertical u horizontal
- Tamaño: 6.7"
- Resolución: 320 x 240
- 128 variables
- 60 pantallas de proceso
- 200 alarmas
- 26 curvas
- 32 KB memoria de recetas
- 6 recetas, 20 registros, 20 entradas



KTP 1000 Basic PN

- Color (TFT, 266 colores)
- Pantalla táctil de 10 pulgadas con 8 teclas táctiles
- Tamaño: 10.4"
- Resolución: 640 x 480
- 256 variables
- 60 pantallas de proceso
- 200 alarmas
- 26 curvas
- 32 KB memoria de recetas
- 6 recetas, 20 registros, 20 entradas



TP 1600 Basic PN

- Color (TFT, 266 colores)
- Pantalla táctil de 16 pulgadas
- Tamaño: 16.1"
- Resolución: 1024 x 768
- 256 variables
- 60 pantallas de proceso
- 200 alarmas
- 26 curvas
- 32 KB memoria de recetas (memoria flash integrada)
- 6 recetas, 20 registros, 20 entradas

TAIFU

Purpose:
the best pump from China



NEW PRODUCTS 2014

www.chinataifu.com

TAIZHOU YIJU MECHANICAL & ELECTRIC PRODUCTS CO.,LTD



Purpose:
the biggest solar pump manufacturer from China.

4TSSC /5TSC SOLAR PUMP

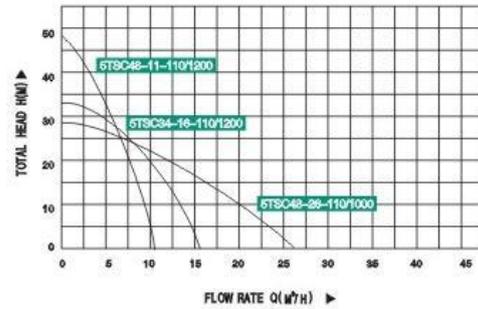
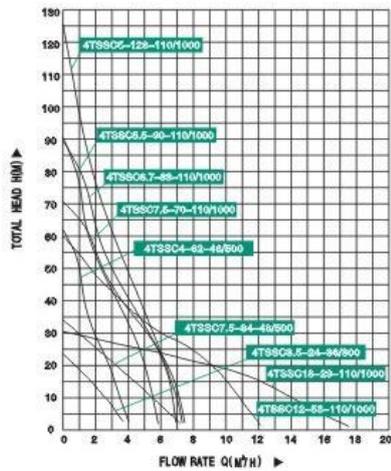
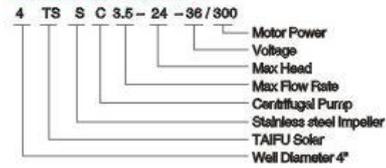


Motor filled with oil

FREE ACCESSORIES



MODEL INSTRUCTION



PUMP PERFORMANCE

Model	Voltage V	Power W	Max Flow Rate m³/h	Max Head m	Outlet Size In	Diameter mm
4TSSC3.5-24-36/300	36	300	3.5	24	1.25"	100
4TSSC4-82-48/500	48	500	4	82	1.25"	100
4TSSC7.5-34-48/500	48	500	7.5	34	1.25"	100
4TSSC5-128-110/1000	110	1000	5	128	1.25"	100
4TSSC5.5-90-110/1000	110	1000	5.5	90	1.25"	100
4TSSC6.7-88-110/1000	110	1000	6.7	88	1.5"	100
4TSSC7.5-70-110/1000	110	1000	7.5	70	1.5"	100
4TSSC18-29-110/1000	110	1000	18	29	2"	100
4TSSC12-53-110/1000	110	1000	12	53	2"	100
5TSC48-11-110/1200	110	1200	48	11	3"	125
5TSC28-26-110/1000	110	1000	28	26	3"	125
5TSC34-16-110/1200	110	1200	34	16	3"	125



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Álvarez Arboleda, Adrián Alberto**, con C.C: 1206282426 autor del trabajo de titulación: **Análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica utilizando PLC** previo a la obtención del título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 21 de Marzo del 2017

f. _____

Álvarez Arboleda, Adrián Alberto

C.C: 1206282426



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica utilizando PLC		
AUTOR(ES)	Álvarez Arboleda, Adrián Alberto		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Miguel Armando Heras Sánchez		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Electrónica en Control y Automatismo		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	21 de Marzo 2017	No. DE PÁGINAS:	90
ÁREAS TEMÁTICAS:	PLC, Sensores, Programación, electroválvula		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Programmable logic controller (PLC), photovoltaic panels, sensors, automation, solar pump, farming.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>El aprovechamiento de la luz solar tiene diferentes aplicaciones entre las que se destaca la electrificación en zonas rurales. Actualmente existen diferentes componentes para captar la energía solar una de ellas es mediante paneles fotovoltaicos estos dispositivos producen corriente continua en el mercado existe una gran variedad de productos de diferentes características convertidores, baterías, e incluso se la utiliza para el bombeo de agua en la agricultura. El propósito del siguiente trabajo de titulación es demostrar la utilización de la energía solar mediante el uso de paneles fotovoltaicos haciendo uso de la tecnología para mejorar la calidad de vida del agricultor y de sus cultivos. El sistema de riego automatizado funciona captando la energía necesaria para el funcionamiento apropiado de la bomba mediante los paneles fotovoltaicos en el área del proyecto, un plc en el cual programaremos los niveles de agua mediante el uso de sensores de nivel que estarán localizados en el tanque una electroválvula que dará apertura al sistema de riego del cultivo, este sistema de riego será de lazo cerrado y usaremos el programa wincc para monitorear nuestro sistema.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-9 88838136	E-mail: adrifut_electri_17@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Ing. Mendoza Merchán, Eduardo Vicente MSc.		
	Teléfono: +593-9- 85086815		
	E-mail: edu.mendoza@hotmail.com		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			