



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

TEMA:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR PARA EL
RIEGO AUTOMÁTICO DE LOS ESPACIOS VERDES DEL CAMPUS SAN FELIPE
DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”**

Tesis presentada previa a la obtención del título de Ingeniero en Electromecánica

Autores:

Calero Calero Stalyn Ramón

Martínez Landeta Néstor Santiago

Director:

Msc. Edwin Homero Moreano

Asesor Técnico:

Dr. Terán Ortiz Galo Patricio

Latacunga - Ecuador

Septiembre – 2015





APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes:

- Calero Calero Stalyn Ramón
- Martínez Landeta Néstor Santiago

Con la tesis, cuyo título es:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR PARA EL RIEGO AUTOMÁTICO DE LOS ESPACIOS VERDES DEL CAMPUS SAN FELIPE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”

Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

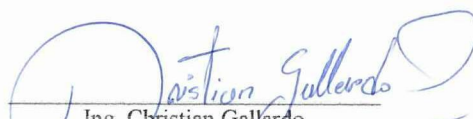
Latacunga, 18 de Septiembre del 2015


Para constancia firman:


Ing. Alvaro Mullo
PRESIDENTE


Lic. Susana Pallasco
MIEMBRO

0501862874


Ing. Christian Gallardo
OPOSITOR
0509847692


MSc. Edwin Moreano
TUTOR (DIRECTOR)



AUTORÍA

Yo, Martínez Landeta Néstor Santiago con C.I. 0503619488 y Calero Calero Stalyn Ramón con C.I. 210058568-2, declaro que los resultados obtenidos y expuestos en el presente trabajo de investigación con el tema **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR PARA EL RIEGO AUTOMÁTICO DE LOS ESPACIOS VERDES DEL CAMPUS SAN FELIPE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”**, son absolutamente de nuestra autoría a excepción de referencias bibliográficas que se incluyen en este texto.

Que los criterios emitidos en el trabajo de investigación así como también los contenidos, conclusiones, recomendaciones son de exclusiva responsabilidad de nosotros como autores del presente trabajo.

Latacunga 18 de Septiembre del 2015

Calero Calero Stalyn Ramón
C.I. 2100585682

AUTOR

Martínez Landeta Néstor Santiago
C.I. 0503619488

AUTOR



AVAL DEL DIRECTOR

En calidad de director de Trabajo de Investigación sobre el tema:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR PARA EL RIEGO AUTOMÁTICO DE LOS ESPACIOS VERDES DEL CAMPUS SAN FELIPE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”, de Calero Calero Stalyn Ramón, Martínez Landeta Néstor Santiago, egresados de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos Metodológicos y aportes científicos – Técnicos, suficiente para ser sometida a evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 18 de Septiembre del 2015

Ing. Msc. Edwin Moreano

C.C. 0502607500

DIRECTOR DE TESIS



AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO

En calidad de Asesor Metodológico del Trabajo de Investigación sobre el tema:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR PARA EL RIEGO AUTOMÁTICO DE LOS ESPACIOS VERDES DEL CAMPUS SAN FELIPE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”

De los señores estudiantes; CALERO CALERO STALYN RAMON, MARTÍNEZ LANDETA NÉSTOR SANTIAGO postulantes de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica.

CERTIFICO QUE:

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la Evaluación del Tribunal de Validación de Tesis que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 18 de septiembre de 2015.



Dr. Galo Patricio Terán Ortiz

C.C. 050067610-1

ASESOR METODOLÓGICO DE LA TESIS



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Trabajo de
Grado
CIYA

CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, certifico que el mencionado proyecto cuyo tema es: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR PARA EL RIEGO AUTOMÁTICO DE LOS ESPACIOS VERDES DEL CAMPUS SAN FELIPE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”**, cumple con los requerimientos metodológicos y aporte científico – técnico para presentar el acto de defensa de tesis cuyos postulantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica son los Sres. Calero Calero Stalyn Ramón, Martínez Landeta Néstor Santiago, quienes realizaron el diseño e implementación de un sistema de energía solar para el riego automático de los espacio verdes en los sectores E10-E9 ubicados en el área deportiva de dicha institución.

Latacunga, 18 de Septiembre del 2015

Ing. Álvaro Mullo

C.C. 0502768542

COORDINADOR

DEDICATORIA

A DIOS, mis Padres, Hermano, Esposa & Hij@.

Santiago Martínez

El presente proyecto lo dedico a Dios y a mis padres, por impulsar mis anhelos, por fortalecerme espiritualmente en los momentos más críticos en mi vida universitaria.

A mis padres Reina y José.

Stalyn Calero

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por su infinito amor y las bendiciones recibidas, a mis Padres Armando y Rosa por las enseñanzas y educación brindada por dejarme claro que el camino de bien a seguir es difícil pero no imposible, a mi hermano quien es incentivo de lucha diaria.

A Ud. mi amada esposa, que ha estado a mi lado en todo momento sin esperar recompensa alguna, por la dicha de saber que en su vientre lleva una bendición más, de las muchas que DIOS me ha dado.

Y a todas esas personas que en su momento me brindaron su apoyo desinteresadamente mis más sinceros agradecimientos.

Santiago Martínez

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

Gracias Madre y Padre.

Stalyn Calero

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	i
AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL DIRECTOR.....	iii
AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO	iv
CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
AGRADECIMIENTOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
AVAL DE TRADUCCIÓN	iii
INTRODUCCIÓN	iv

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
1.1. ANTECEDENTES	5
1.2. DISEÑO.....	6
1.3. IMPLEMENTACIÓN	7
1.4. ESPACIOS VERDES DEL CAMPUS SAN FELIPE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.....	7
1.4.1. <i>Análisis del Área</i>	8
1.5. ENERGÍAS RENOVABLES	10
1.5.1. <i>Fuentes de Energía Renovable</i>	10
1.6. LA ENERGÍA SOLAR.....	12

1.6.1. Tipos de energía solar:	14
1.6.2. Radiación Solar	15
1.6.2.1. Tipos de Radiación Solar	15
1.6.2.2. Potencial de Radiación Solar En Ecuador.	16
1.7. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	20
1.7.1. Elementos de Generación Fotovoltaica.....	20
1.7.1.1. Celdas fotovoltaicas.	21
1.7.1.2. Tipos de celdas fotovoltaicas	21
1.7.1.3. Potencia Máxima de un panel solar	26
1.7.1.4. Eficiencia de los Paneles Solares.....	27
1.7.1.5. Factores que afectan el rendimiento de un panel fotovoltaico.....	28
1.7.2. Acumulador.....	31
1.7.2.1. Batería o acumulador ULTRACELL GEL UCG100.....	33
1.7.2.2. Características de un Acumulador o batería.	33
1.7.2.3. Vida Útil de los Acumuladores y Mantenimiento.	34
1.7.2.4. Métodos de cálculo de baterías o acumuladores.....	34
1.7.2.5. Dimensionamiento de las baterías o acumuladores	35
1.7.3. Inversor.....	37
1.7.3.1. Regulador de Carga.....	39
1.8. CONDUCTOR	40
1.9. SISTEMA FOTOVOLTAICO DE RIEGO POR ASPERSIÓN	44
1.9.1. Componentes.....	45
1.9.1.1. En sistemas fotovoltaicos.....	45
1.9.1.2. Acoplamiento generador fotovoltaico – bomba.....	47
1.9.2. Protecciones para Tanque de Almacenamiento	49
1.9.3. Circuito Hidráulico	49
1.10. SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN.....	49
1.10.1. Componentes de un sistema de riego por aspersión.....	51
1.10.2. Clasificación de los Sistemas de Riegos por Aspersión.....	56
1.10.3. Principios del Riego por Aspersión	56
1.11. AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN	57
1.11.1. Componentes de la Automatización del Sistema de Riego.....	59

1.11.1.1. Contactor.....	59
1.11.1.2. Temporizador.....	60
1.11.1.3. Pulsadores.....	60
1.11.1.4. Selector.....	61
1.11.1.5. Fusibles.....	61

CAPITULO II

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	62
2.1. LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN SUS INICIOS.....	63
2.1.1. Misión.....	64
2.1.2. Visión.....	64
2.2. DISEÑO METODOLÓGICO.....	65
2.2.1. Métodos de la Investigación.....	65
2.2.1.1. Método Inductivo.....	65
2.2.1.2. Método Deductivo.....	65
2.2.1.3. Método Descriptivo.....	65
2.2.2. Tipos de la Investigación.....	66
2.2.2.1. Investigación Aplicada.....	66
2.2.2.2. Investigación De Campo.....	66
2.2.3. Técnicas de Investigación.....	66
2.2.3.1. Observación.....	66
2.2.3.2. Encuesta.....	67
2.2.3.3. Lectura Científica.....	67
2.3. CÁLCULO DE LA POBLACIÓN Y MUESTRA.....	67
2.4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	68
2.5. ANÁLISIS Y DATOS ADQUIRIDOS POR EL PIRÓMETRO.....	79
2.6. ANÁLISIS INICIAL DE ASPECTO EONÓMICO.....	80
2.6.1. Costo.....	80
2.6.1.1. Costo de inversión inicial.....	80
2.6.1.2. Costo de Operación y mantenimiento.....	81
2.7. ANÁLISIS INICIAL DE CONSUMO DE ENERGÍA.....	81
2.8. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	82

2.8.1. <i>Planteamiento de la Hipótesis</i>	82
2.8.2. <i>Comprobación de la Hipótesis</i>	83

CAPITULO III

PROPUESTA	84
3.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	84
3.1.1. <i>Justificación de la Propuesta</i>	84
3.2. OBJETIVOS	85
3.2.1. <i>Objetivo General</i>	85
3.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	85
3.3. DESARROLLO TÉCNICO DE LA PROPUESTA.....	86
3.4. DEMANDA REQUERIDA POR EL SISTEMA DE BOMBEO	88
3.4.1. <i>SELECCIÓN DE LOS ASPERSORES</i>	89
3.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO	89
3.6. CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL PANEL SOLAR.....	90
3.7. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BATERÍA DE ALMACENAMIENTO... 91	
3.8. CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL REGULADOR DE CARGA	93
3.9. CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL INVERSOR.....	94
3.10. CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL CONDUCTOR.....	95
3.11. INCLINACIÓN ADECUADA DE LOS MODULOS FOTOVOLTAICOS	96
3.12. COSTO ACTUAL DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y CONVENCIONAL.....	98
3.12.1. Análisis económico, cálculo del VAN.....	98
3.12.2. Cálculo del VAN.....	99
3.12.3. Análisis del Sistema Convencional.....	100
CONCLUSIONES:	103
RECOMENDACIONES	104
GLOSARIO DE TÉRMINOS	105
BIBLIOGRAFÍA	107
BIBLIOGRAFÍAS CITADAS	107
ANEXOS	114

PLANOS	123
--------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. 1 PROMEDIO DE IRRADIACIÓN.....	18
TABLA 1. 2 CARACTERÍSTICAS DE PANEL SOLAR SIMAX.....	26
TABLA 1.3 RESISTIVIDAD, RESISTENCIA ESPECÍFICA.....	41
TABLA 1. 4 CALIBRE DE CONDUCTORES NECESARIOS.....	42
TABLA 1. 5 POTENCIA PARA DISTINTOS NIVELES DE VOLTAJE.....	43
TABLA 1. 6 PRESIÓN DE TRABAJO Y PRESIÓN DE RUPTURA.....	53
TABLA 2. 1 POBLACIÓN Y MUESTRA	68
TABLA 2. 2 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 1.....	69
TABLA 2. 3 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 2.....	70
TABLA 2. 4 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 3	71
TABLA 2. 5 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 4	72
TABLA 2. 6 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 5	73
TABLA 2. 7 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 6	74
TABLA 2. 8 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 7	75
TABLA 2. 9 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 8	76
TABLA 2. 10 10 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 9	77
TABLA 2. 11 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 10	78
TABLA 2.12 TABLA DE RADIACIÓN PROMEDIA	79
TABLA 2.13 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	81
TABLA 3. 1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	93
TABLA 3. 2 CARACTERÍSTICAS DEL INVESEDOR UPS.....	94
TABLA 3. 3 ÁNGULOS DE INCLINACIÓN.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. 1 UBICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD.....	8
FIGURA 1. 2 TRIÁNGULO DE LADOS DIFERENTES	8
FIGURA 1. 3 ESPACIO VERDE DE LA UNIVERSIDAD	10
FIGURA 1. 4 ENERGÍA SOLAR	13
FIGURA 1. 5 TIPOS DE RADIACIÓN.....	16
FIGURA 1. 6 RADIACIÓN SOLAR EN ECUADOR.....	17
FIGURA 1. 7GRAFICA DE HORAS PICO SOLARES	19
FIGURA 1. 8 CELDA FOTOVOLTAICA.....	21
FIGURA 1. 9 CELDA FOTOVOLTAICA DE SILICIO	22
FIGURA 1.10 CELDA FOTOVOLTAICA FORMADO.....	22
FIGURA 1. 11 CELDA FOTOVOLTAICA DE SILICIO AMORFO	23
FIGURA 1. 12 PANELES SOLARES	24
FIGURA 1. 13 CURVA CARACTERÍSTICA I-V	25
FIGURA 1. 14 FACTOR DE FORMA O DE LLENADO	27
FIGURA 1.15 DEPENDENCIA DE LA CORRIENTE.....	30
FIGURA 1.16 ORIENTACIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA	31
FIGURA 1. 17 ORIENTACIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA	33
FIGURA 1. 18 EL INVERSOR	37
FIGURA 1. 19 CONTROLADOR DE CARGA	39
FIGURA 1.20 DIFERENCIA DE DIÁMETROS	43
FIGURA 1. 21 ESQUEMA DE UNA INSTALACION TIPICA.....	45
FIGURA 1. 22 MOTOR ELECTRICO	46
FIGURA 1. 23 : BOMBA DE AGUA	46
FIGURA 1. 24 CIRCUITO TIPO BOOST	48
FIGURA 1. 25 CIRCUITO TIPO BOOST	48
FIGURA 1. 26 RIEGO POR ASPERSIÓN	50
FIGURA 1. 27 AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO.....	58

RESUMEN

La humanidad tiende siempre al mejoramiento continuo, la energía alternativa es un claro ejemplo de ello. Por esta razón se está ampliando la investigación y el campo de trabajo mediante al uso de este tipo de energía, teniendo como características principales el beneficio medio ambiental y económico. En la actualidad los avances tecnológicos han permitido desarrollar de forma eficiente y rápida la instalación de equipos y accesorios para generar energía eléctrica independiente que brinde las mismas características que la energía convencional. La presente investigación se centra en la generación eléctrica basándose en la utilización de la radiación solar que a través de paneles fotovoltaicos permitirán la alimentación de un sistema de riego automático. El diseño e implementación de un sistema de energía solar para el riego automático permite disminuir el tiempo de horas hombre en la supervisión de riego y el aprovechamiento de recursos naturales tales la energía solar para el riego en los espacios verdes de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Aprovechando el estudio de factibilidad se ha obtenido como radiación promedio 896.94W/m^2 en el Campus, la cual se permitió dimensionar los elementos y equipos tales como paneles fotovoltaicos, controlador, batería, inversor y bomba para un riego automático en un área de 12 metros. Se instaló como potencia aproximada 435W como fuente de generación eléctrica y toda la energía es almacenada en una celda de acumulación que pasará por inversor para alimentar una bomba de 370W que produce una presión de 15 Psi para el riego en el área antes mencionada. La implementación de este sistema proporciona energía independiente de la red eléctrica convencional con un riego óptimo en el sitio del proyecto. Este proyecto va encaminado a la mejora continua de este tipo de sistemas y al cuidado del medio ambiente.

Palabras claves:

Sistema solar fotovoltaico, riego automático por aspersión.

ABSTRACT

Mankind always tends to continuous improvement, alternative energy is a clear example. For this reason it is expanding research and field work by the use of this type of energy, having as main features the environmental and economic benefit. Today, technological advances have allowed the development of an efficient and rapid installation of equipment and accessories to generate independent power that provides the same features that conventional energy. This research focuses on power generation based on the utilization of solar radiation through photovoltaic panels allow feeding an automatic irrigation system. The design and implementation of a solar energy system for automatic watering reduces the time of man hours in overseeing irrigation and the use of natural resources such solar energy for irrigation in the green spaces of the Technical University of Cotopaxi. Taking advantage of the feasibility study it has been obtained as average radiation $896.94\text{W} / \text{m}^2$ on Campus, which was allowed to dimension the elements and equipment such as solar panels, controller, battery, inverter and an automatic irrigation pump in an area of 12 meters. He was installed as approximately 435W power as a source of electricity generation and all the energy is stored in a cell accumulation will happen inverter to power a 370W pump produces a pressure of 15 psi for irrigation in the aforementioned area. The implementation of this system provides energy independent of conventional power grid with optimum irrigation project site. This project is aimed at continuously improving these systems and care of the environment.

Keywords:

Photovoltaic solar system, automatic sprinkler.

INTRODUCCIÓN

El propósito del presente proyecto consistió en realizar un sistema de energía solar mediante la implementación de una fuente de generación eléctrica usando paneles fotovoltaicos para el riego de las áreas verdes del Campus San Felipe de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Para el diseño del sistema de energía solar consistió en medir la radiación del sol emanada en la provincia de Cotopaxi y conocer un promedio de la potencia que se puede conseguir al día (896 W/m^2). Como partes principales para la implementación se realizó con paneles fotovoltaicos y una bomba de 370 W mediante esta potencia y la radiación del sol medida se selecciona los paneles fotovoltaico el controlador de carga y la fuente, los cuales son seleccionados en base a catálogos y cálculos realizados garantizando su buen desempeño practico en lo que se refiere al riego de las áreas verdes.

El presente trabajo está dividido en tres capítulos donde se desarrollaran los siguientes temas.

El Capítulo I, contiene todas las bases teóricas sobres los tipos de energías renovables con énfasis en la radiación solar del planeta y la provincia de Cotopaxi, además se describe los sistemas de riego y los paneles fotovoltaicos para generar energía eléctrica en DC.

El Capítulo II, describe una reseña histórica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, así como el tipo de métodos y técnicas de investigación utilizados para la recolección de datos y su posterior análisis e interpretación de resultados.

El Capítulo III, contiene las partes principales como la medición de la radiación solar, cálculos, elementos y equipos que se utilizó para la implementación de los paneles fotovoltaicos, ya que esta implementación ayudara con el cuidado de las áreas verdes del Campus San Felipe de la Universidad Técnica de Cotopaxi.





AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, yo Lic. Wilmer Patricio Collaguazo Vega con C.C 172241757-1 CERTIFICO que he realizado la respectiva revisión del Abstract; con el tema:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR PARA EL RIEGO AUTOMÁTICO DE LOS ESPACIOS VERDES DEL CAMPUS SAN FELIPE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”, cuyos autores son Martínez Landeta Néstor Santiago, Calero Calero Stalyn Ramón y el director de Tesis Msc. Edwin Homero Moreano Martínez.

Latacunga, 18 de Septiembre del 2015

Docente:

Lic. Wilmer Patricio Collafuazo Vega

C.C. 172241757-1

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. ANTECEDENTES

La presente investigación una vez planteada se procedió a buscar información acorde al tema, y se pudo notar que la Universidad no posee proyectos similares a lo establecido ya que el proyecto está estructurado por dos partes como es Sistema Solar Fotovoltaico y Sistema de Riego Automático por Aspersión, razón por la cual el estudio se realizara por separado. A continuación se presenta los trabajos de investigación que contienen similitud.

Según (VÁSCONES CUZCO J. C., 2013) en su tesis de grado “Diseño e Implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica para una finca ubicada en el sector Balerío Estacio en el periodo 2013. Su trabajo es de gran ayuda por que concluye que la automatización de un sistema de riego utiliza aparatos electrónicos que permitan realizar el control del sistema garantizando el riego uniforme y facilitando así el cuidado del medio ambiente de los sectores marginales de Guayaquil.

De la misma forma otro trabajo que aporta información sobre los sistemas de riego es el de RAMOS, Marco (2013) en su tesis de grado “Diseño y Construcción de un sistema de riego por aspersión en una parcela demostrativa del cantón Cevallos”. Dicho resumen del trabajo concluye que empleando un módulo lógico programable LOGO se pudo mejorar relativamente los turnos de riego de acuerdo al tipo de cultivo, ya que de haber empleado un controlador, los riegos hubiesen sido periódicos mediante una frecuencia fija y no de acuerdo a las necesidades de agua del cultivo.

Así mismo también otro trabajo que aporta a nuestra investigación es BENALCAZAR, Daniel (2012) en su tesis de grado “Diseño y Construcción de un prototipo de un sistema de bombeo de agua utilizando Energía Fotovoltaica”. Su trabajo de investigación es de gran apoyo por que se concluye que las energías renovables contribuyen con una fuente de energía mucho más limpia, ayudándoles a satisfacer sus necesidades en las comunidades aisladas, también indica cómo se debe realizar un estudio para la instalación de un sistema solar fotovoltaico.

Para complementar con la información requerida para la elaboración de la investigación se toma como referencia el trabajo de BERRÚ, Ricardo (2009) en su tesis de grado “Diseño y Construcción de un sistema de bombeo de agua con la energía solar fotovoltaica para el laboratorio de energías renovables del DECEM”. Su trabajo de investigación concluye que las energías alternativas son una fuente viable para reducir el consumo de energía convencional, además indica que en el sistema de bombeo se deben considerar las pérdidas hidráulicas para garantizar un cálculo satisfactorio y optimizar el riego uniformemente.

Los trabajos de investigación descritos anteriormente son de gran importancia por su contenido y similitud con el problema planteado, lo cual para nuestra investigación servirá como una guía a seguir, ya que indican los procesos de automatización y la forma correcta de realizar estudios para la determinación del área y la correcta instalación de los paneles solares fotovoltaicos.

1.2. DISEÑO

Según (BUDYNA, Diseño de Ingeniería Mecánica (SHIGLEY), 2008) Pág. 4. Define “diseñar es un proceso innovador y altamente interactivo.” También es un proceso de toma de decisiones. Algunas veces estas deben tomarse con muy poca información, en otras con apenas la cantidad adecuada y toma referencia con lo manifestado diseñar en ingeniería es el arte de aplicar los conocimientos científicos tecnológicos con la finalidad de crear y/u optimizar cualquier proceso ya sea de fabricación o re potenciación.

La importancia del diseño es la aplicación de varios conceptos ya sea de ingeniería, arquitectura, u otras disciplinas para dar solución a los problemas que se presenten al realizar un proceso con el objetivo de optimizar o realizar dicho proceso de mejor manera.

Para el correcto diseño se debe contemplar los parámetros de necesidad y consecuentemente las características que poseerá el sistema o elemento diseñado. Es necesario pensar en el recurso humano y la forma de cómo se va a utilizar este sistema basándonos en que siempre intervendrá el hombre en la manipulación de los elementos que forman parte del mismo.

1.3. IMPLEMENTACIÓN

Se puede definir como la codificación y la integración de módulos tanto investigativos y científicos. Por eso esta actividad incluye un análisis profundo sobre las distintas soluciones que se pueden encontrar para solucionar un problema de cualquier tipo.

La implementación se puede definir como un método o técnica que requiere análisis de impacto, optimización e integración las cuales se pueden llevar a cabo dirigidas por un director de proyectos.

1.4. ESPACIOS VERDES DEL CAMPUS SAN FELIPE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

El proyecto será aplicado en el Campus Matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi ubicado en el barrio San Felipe Parroquia Eloy Alfaro de la Ciudad de Latacunga Provincia de Cotopaxi-Ecuador. Ver figura. (1.1)

Fórmula de triángulo de lados diferentes:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \text{Ecuación (1.1)}$$

Fórmula del semiperímetro:

$$s = \frac{a+b+c}{2} \quad \text{Ecuación (1.2)}$$

Fórmula del área:

$$s = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)} \quad \text{Ecuación (1.3)}$$

El área verde donde se pretende implementar un sistema de riego automático por aspersión utilizando como fuente de energía un sistema solar fotovoltaico, se encuentra ubicada junto a las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, la misma que se ubica en el campus San Felipe. El presente proyecto trata de garantizar un riego uniforme, optimizando el uso de líquido vital por medio de la automatización de manera que el riego se realice en tiempos programados. A fin de preservar el cuidado del césped que contiene el espacio verde, también se encuentran plantas ornamentales que necesitan un abastecimiento del líquido vital, a continuación se muestra la figura 1.3 que indica el área a ser implementado el proyecto.

FIGURA 1.3 ESPACIO VERDE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fuente: Instalaciones del campus universitario de la UTC

1.5. ENERGÍAS RENOVABLES

Según (LOPEZ, 2009) Pág. 16 define que “La energía renovable es aquella que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, esto es por la inmensa cantidad de energía que contienen y porque son capaces de regenerarse por medios naturales.”

Las energías renovables constituyen una nueva forma de obtención de energía mucho más limpia sin contaminar el medio ambiente, además contribuyen con la erradicación de las energías convencionales, dando así como alternativa las energías que provienen del sol.

1.5.1. Fuentes de Energía Renovable

Se llama fuente de energía renovable a aquella que, administrada en forma adecuada, puede explotarse ilimitadamente, es decir su cantidad disponible (en la

tierra) no disminuye a medida que se aprovecha. Para tener un esquema de desarrollo sustentable es indispensable que la mayoría de los recursos, particularmente la energía sean del tipo renovable.

La principal fuente de energía renovable es el sol. Como se explicará más adelante, el sol envía a la Tierra únicamente energía radiante, es decir, luz visible, radiación infrarroja y algo de ultravioleta. Sin embargo, en la atmósfera esta energía proveniente del sol provoca una variedad de efectos, algunos de los cuales tienen importancia como recurso energético, tal es el caso de la energía eólica, la energía de la biomasa, la diferencia de temperaturas oceánicas y la energía de las olas, que a continuación se describen.

1. Energía Solar

La energía solar, como recurso energético terrestre, está constituida por la porción de luz que emite el Sol y que es interceptada por la tierra. España es un país con alta incidencia de energía solar en la gran mayoría de su territorio.

2. Energía Solar Directa

Una de las aplicaciones de la energía solar es directamente como luz solar, por ejemplo, para la iluminación de recintos. En este sentido cualquier ventana es un colector solar. Otra aplicación directa, muy común, es el secado de ropa y algunos productos en procesos de producción con tecnología simple.

3. Energía Solar Térmica

Se denomina térmica a la energía solar cuyo aprovechamiento se logra por medio del calentamiento de algún medio. La climatización de viviendas, calefacción, refrigeración, secado, etc., son aplicaciones térmicas.

4. Energía Solar Fotovoltaica

Se llama “fotovoltaica” a la energía solar aprovechada por medio de celdas fotoeléctricas, capaces de convertir la luz en un potencial eléctrico, sin que tenga lugar un efecto térmico.

5. Energía Eólica

La energía eólica es la energía que se extrae del viento. Las aplicaciones más comunes son: transporte (veleros), generación eléctrica y bombeo de agua.

La energía eólica es derivada de la energía solar, porque una parte de los movimientos del aire atmosférico se debe al calentamiento causado por el Sol (también existe un efecto de la rotación de la tierra y otro de la atracción gravitacional de la Luna y el Sol).

6. Energía de la Biomasa

La forma más antigua de aprovechamiento de la energía solar, inventada por la naturaleza misma, es la fotosíntesis. Mediante este mecanismo las plantas elaboran su propio alimento (su fuente de energía) y el de otros seres vivos en las cadenas alimenticias.

7. Energía Hidráulica

La energía hidráulica es la que se obtiene a partir de caídas de agua, artificiales o naturales. Típicamente se construyen presas en los lugares con una combinación de gasto anual de agua y condiciones orográficas adecuadas. Estrictamente, también esta forma de energía derivada de la energía solar, porque el sol provee la fuerza impulsora del ciclo hidrológico. Sin embargo tradicionalmente se ha considerado como una forma de energía aparte.

8. Energía Mareomotriz

En algunas regiones costeras se dan mareas especialmente altas y bajas. En estos lugares se ha propuesto construir grandes represas costeras que permitirían generar energía eléctrica con grandes volúmenes de agua aunque con pequeñas diferencias de altura. Es como la energía hidráulica, pero su origen es la atracción gravitacional del sol y principalmente de la luna, en vez del ciclo hidrológico.

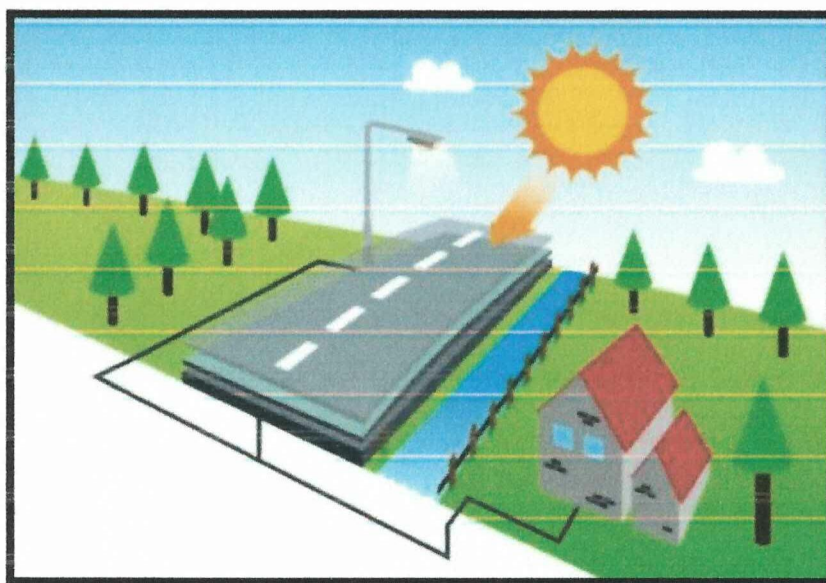
1.6. LA ENERGÍA SOLAR

Según (Andres, 2006) Pág. 16 en su tesis define "La energía solar, es la energía radiante producida en el Sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión, ésta

llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestre. Sin embargo, del total de energía no toda llega a la tierra, ya que solo $\frac{3}{4}$ partes de ella entran a través de la atmósfera.”

La energía solar es una fuente de vida y origen de la mayoría de las formas de energía en la tierra. Este tipo de energía representa el mejor modelo característico de fuente renovable, sin embargo al tomarse directamente de la radiación solar tal como indica la figura 1.4, el aprovechamiento energético no alcanza rendimientos equiparables a los de otras fuentes. La energía solar, como recurso energético terrestre, está constituida simplemente por la porción de la luz que emite el Sol y que es interceptada por la Tierra.

FIGURA 1. 4 ENERGÍA SOLAR



Fuente: (Sanz, 2012) <http://nomadaq.blogspot.com> Fecha 14/09/2014 Hora 14:00 pm

Las aplicaciones que pueden ofrecer son las siguientes.

- Luz.- Es la energía que se recibe directamente y es llamada energía luminosa.
- Solar.- Por medio de colectores térmicos, la energía solar es transformada en energía térmica.

- Electricidad.- Se logra a través de llamadas celdas fotovoltaicas, la energía luminosa puede ser también transformada en energía eléctrica.

1.6.1. Tipos de energía solar:

- **Energía solar pasiva:** Aprovecha el calor sin necesidad de mecanismos o sistemas mecánicos.
- **Energía solar térmica:** Para producir agua caliente de baja temperatura para uso doméstico, sanitario y calefacción.
- **Energía solar fotovoltaica:** Para producir electricidad en placas de semiconductores que se excitan con la radiación solar.
- **Energía solar termoeléctrica:** Para producir electricidad con un ciclo termodinámico convencional, a partir de un fluido calentado por el sol.
- **Energía solar híbrida:** Combina la energía solar con la combustión de biomasa o combustibles fósiles.
- **Energía eólica solar:** Funciona con el aire calentado por el sol y que sube por una chimenea donde están los generadores.

La energía solar tiene una serie de ventajas:

- Es inagotable
- No es contaminante
- Es un sistema de aprovechamiento idóneo para sistemas donde no es accesible la red de energía eléctrica convencional
- Los sistemas de captación solar son de fácil mantenimiento
- Las desventajas de la energía solar son las siguientes:
- Requiere de un sistema de seguimiento al sol
- La mayor intensidad de luz provoca un aumento de la temperatura del módulo, lo que reduce su eficiencia
- Las altas temperaturas del módulo y los altos niveles de intensidad pueden provocar un fallo prematuro del módulo.

1.6.2. Radiación Solar

Según (Melesio, 2006) Pàg. 5 en su tesis define “Se conoce por radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas que son emitidas por el Sol y que van desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. La unidad práctica que describe la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia, o unidad de potencia por metro cuadrado (W/m^2)”

La composición de la radiación solar permite su aprovechamiento a través del efecto invernadero que se origina por la facilidad que tiene la radiación solar para atravesar el cristal tal como indica la figura 1.5.

1.6.2.1. Tipos de Radiación Solar.

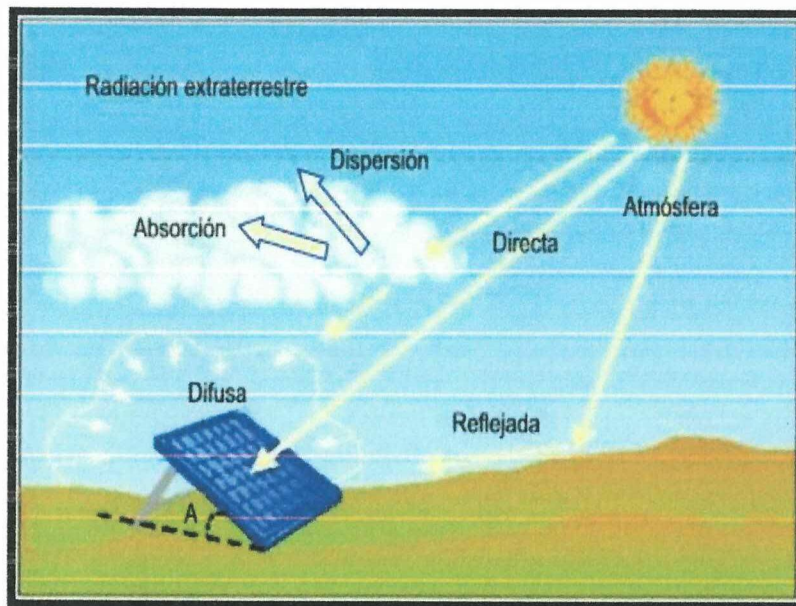
La radiación solar tiene tres tipos de radiación:

- a) Radiación directa.-** Es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. Para captar mejor la radiación directa se pueden utilizar unos mecanismos llamados seguidores que sirven para orientar el sistema receptor hacia el sol.

- b) Radiación difusa.-** Es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión (es el cambio en la dirección de un rayo de luz cuando este no logra traspasar la interfaz entre dos medios) y refracción solar en la atmosfera (es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro), en las nubes, y el resto de elementos atmosféricos y terrestres, en este tipo de radiación no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas direcciones.

- c) Radiación reflejada.-** Es la radiación reflejada por el suelo o por los objetos cercanos.

FIGURA 1. 5 TIPOS DE RADIACIÓN



Fuente: (Bonanza, 2010) <http://www.ecopotencia.com/incidencia.html> Fecha 21/09/2014 Hora 09:00am

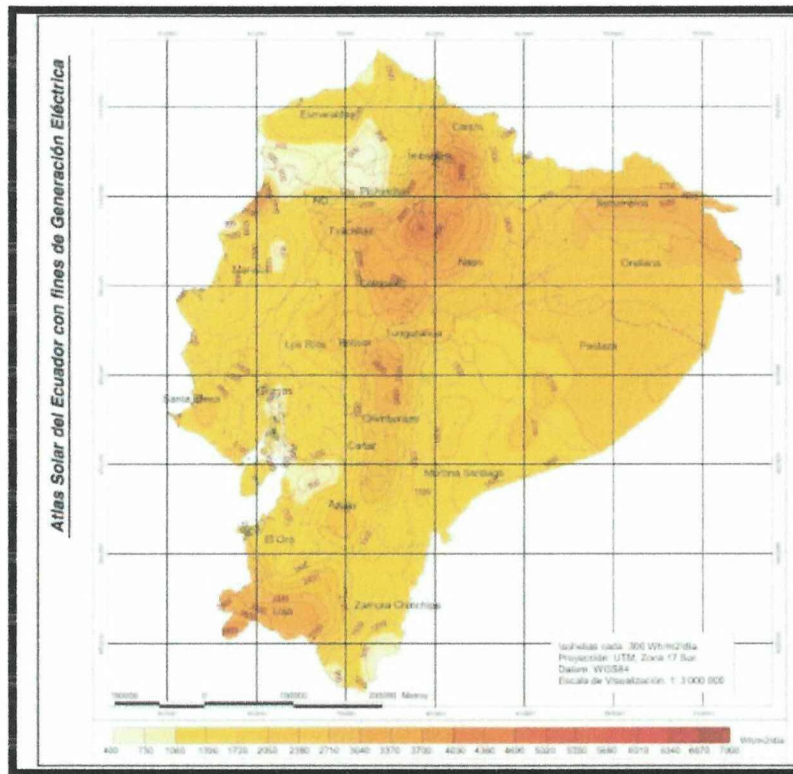
1.6.2.2. Potencial de Radiación Solar En Ecuador.

La energía que se recibe del sol es más que suficiente para cubrir toda la demanda energética del mundo. En realidad la energía que recibimos es 10,000 veces el actual consumo de energía del mundo.

La radiación solar se expresa en kW/h que se pueden generar en relación a la radiación solar sobre 1 m². La irradiación no está distribuida equitativamente sobre la superficie de la Tierra, primeramente debido a la forma de la Tierra, las áreas alrededor del Ecuador reciben más energía solar que otras partes tal como indica la figura 1.6.

Debido a las diferencias en la humedad del aire, despeje del cielo y nubosidad son condiciones que se deben cumplir y vemos claramente que hay variaciones de país en país aun si se encuentran en la misma latitud.

FIGURA 1. 6 RADIACIÓN SOLAR EN ECUADOR



Fuente: (Electricidad, 2008) http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf. Fecha 29/09/2014 Hora 11:00 am

Las áreas desérticas (secos y claros), reciben mayor irradiación que las áreas tropicales donde la humedad es mucho mayor. Aún más hay fluctuaciones debido a la rotación de la tierra alrededor de su propio eje (fluctuación diaria) y alrededor del sol (fluctuación estacionaria).

De acuerdo a la ubicación geográfica, el Ecuador se convierte en un país privilegiado en lo que a energía solar se refiere. Esto se debe a que el ángulo de incidencia de la luz solar, es perpendicular a nuestra superficie durante todo el año por tal motivo es importante aprovechar este recurso en aplicaciones en beneficio a la humanidad, situación que no ocurre en otros sitios del planeta.

Dentro del Ecuador, existen lugares muy convenientes para la localización de paneles fotovoltaicos, especialmente en el sur de la provincia de Loja, el noreste de

la provincia del Azuay, las zonas de altiplano al sur de Riobamba y las circundantes al nevado Chimborazo, el callejón interandino central y norte desde Ambato hasta el valle del Chota, la zona costera de la provincia de Esmeraldas, gran parte del Oriente ecuatoriano, en especial la zona ubicada entre Lago Agrio y la Joya de los Sachas, entre otros. Lamentablemente, gran parte de la región Costa, ubicada entre el sureste de Esmeraldas y El Oro, no es idónea para la instalación de sistemas fotovoltaicos. En la tabla 1.1 se consideran los valores de irradiación solar en el Ecuador.

TABLA 1. 1 PROMEDIO DE IRRADIACIÓN

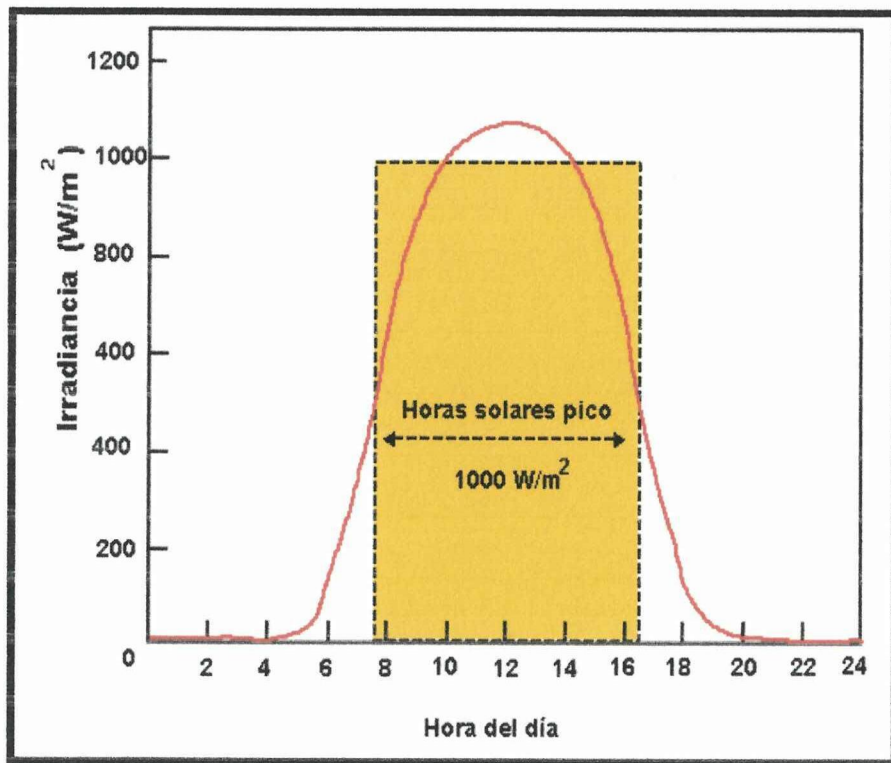
PROVINCIA	CIUDAD	Wh/m ² .dia	ZONA
Imbabura	Ibarra	4560	IV
Manabí	Portoviejo	4160	III
Pichincha	Quito	4990	IV
Cotopaxi	Latacunga	4420	IV

Fuente: <http://cosweb.larc.nasa.gov/sse/> Fecha 02/10/2014 Hora 8:00am

Una información importante necesaria para realizar el dimensionamiento de la cantidad de los paneles necesarios en la instalación es el número de horas pico solares, (HPS), que se refiere al número de horas diarias luz solar equivalentes a una irradiación constante $I = 1 \text{KWh/m}^2$, a la cual se mide siempre la potencia de los paneles. Este método permite estandarizar la curva diaria de irradiación solar, tal como se muestra en la figura 1.7.

El área del rectángulo, definida a partir de las horas pico es igual al área bajo la curva horaria de irradiación real.

FIGURA 1. 7GRAFICA DE HORAS PICO SOLARES



Fuente: (Energía fotovoltaica) http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html Fecha 02/10/2014
Hora 9:30am

La radiación (H) kWh/m², es igual al producto de la irradiación de referencia, I, y las horas pico solares, HPS. Como I= 1KWh/m², se tiene entonces que los valores numéricos de la irradiación y las horas picos son iguales.

$$H \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \right] = I \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \right] * \text{HPS} [\text{h}] \quad \text{Ecuación (1.4)}$$

Dónde:

H: La radiación

I: Irradiación de referencia

HPS: Horas pico solares

La cantidad de energía producida por un panel a lo largo de todo el día, es equivalente a la energía que se produciría en las horas de pico solar si el panel opera a su potencia máxima o nominal (WP). Dicha potencia es la principal variable que

describe el funcionamiento del panel y la especificación más importante en el dimensionamiento del generador del panel fotovoltaico.

El número de paneles necesario (N_p) se calcula empleando el número de horas picos solares del peor mes del año y la potencia pico del escogido:

$$N_p = \frac{E}{0.9 \cdot W_p \cdot HPS} \quad \text{Ecuación (1.5)}$$

Dónde:

N_p : Número de paneles necesarios

E: Cantidad de energía producida a lo largo del día

09: Factor nominal cuando el panel opera a su potencia máxima

W_p : Potencia Máxima

HPS: Horas Pico solar

1.7. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación. El principal componente de este sistema es el módulo fotovoltaico, a su vez compuesto por células capaces de transformar la energía luminosa incidente en energía eléctrica de corriente continua. El resto de equipos incluidos en un sistema fotovoltaico depende en gran medida de la aplicación a la que está destinado.

1.7.1. Elementos de Generación Fotovoltaica

Los elementos de generación de energía solar fotovoltaica son aquellos que forman parte de un proceso para la captación de energía solar y la transformación de energía para la aplicación que se le dé a cabo.

1.7.1.1. Celdas fotovoltaicas.

YÁNEZ, José (2009a, Pág. 19) define “Las celdas solares fotovoltaicas son dispositivos electrónicos que tienen la función de transformar la luz solar directamente en energía eléctrica sin pasar antes por un estado de energía térmica”

Las celdas fotovoltaicas son dispositivos formados por metales sensibles a la luz que desprenden electrones cuando los fotones inciden sobre ellos. Realizando así la transformación de energía luminosa en energía eléctrica. Están formados por células a base de silicio puro con adición de impurezas de ciertos elementos químicos, siendo capaces de generar cada una de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 V, utilizando como materia prima la radiación solar como se indica en la figura 1.8.

FIGURA 1. 8 CELDA FOTOVOLTAICA



FUENTE: (Paneles Fotovoltaicos, 2015) <http://tecnobach.wikispaces.com/Paneles+Fotovoltaicos>

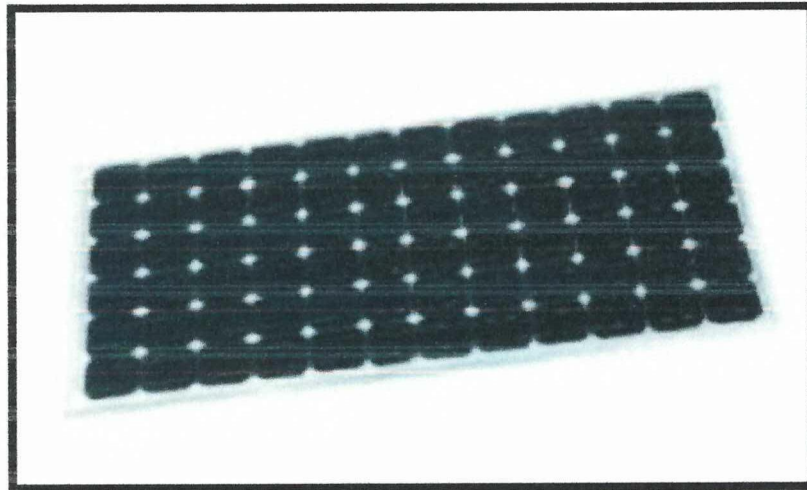
Fecha 05/10/2014 Hora 07:00 am

1.7.1.2. Tipos de celdas fotovoltaicas

- **Silicio monocristalino:** caracterizado por una disposición ordenada y periódica, de forma que solo tiene una orientación cristalina, donde todos los átomos están dispuestos simétricamente. Presenta un color azulado oscuro y con un

cierto brillo metálico, alcanzan rendimientos de hasta el 17% tal como indica la figura 1.9.

FIGURA 1. 9 CELDA FOTOVOLTAICA DE SILICIO MONOCRISTALINO



Fuente: (Ambiente) <http://fuentesrenovables.blogspot.com> Fecha 09/10/2014 Hora 10:20 am

- **Silicio policristalino:** silicio depositado sobre otro sustrato, con una capa de 10-30 micrómetros y tamaño de un grano entre 1 micrómetro y 1 mm tal como indica la figura 1.10. Las direcciones de alineación van cambiando cada cierto tiempo durante el proceso de deposición. Alcanzan rendimientos de hasta el 12%.

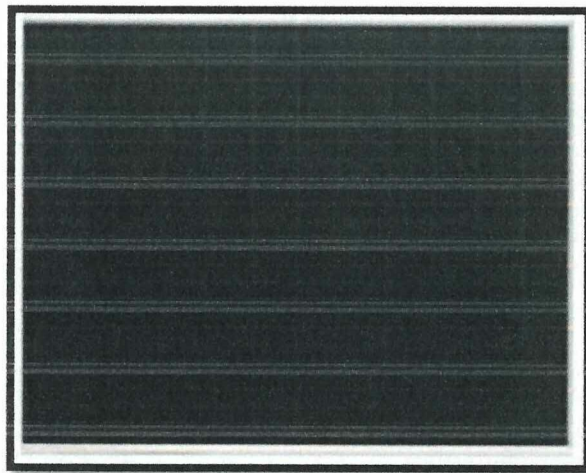
FIGURA 1. 10 CELDA FOTOVOLTAICA FORMADO POR SILICIO POLICRISTALINO



Fuente: (Ambiente) <http://fuentesrenovables.blogspot.com> Fecha 09/10/2014 Hora 11:30 am

- **Silicio amorfo:** compuesto hidrogenado de silicio, no cristalino, depositado sobre otra sustancia con un espesor de 1 μm . Presentan un color marrón y gris oscuro tal como muestra la figura 1.11. Esta tecnología permite disponer de células de muy delgado espesor y fabricación más simple y barata, aunque con eficiencia del 6-8%.

FIGURA 1. 11 CELDA FOTOVOLTAICA DE SILICIO AMORFO



Fuente: (Ambiente) <http://fuentesrenovables.blogspot.com> 09/10/2014 Hora 11:30 am

Dichas células están formadas por dispositivos tipo diodo constituidos por materiales semiconductores en los que artificialmente se ha creado un campo eléctrico constante (mediante una unión p-n) que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos.

La celda cuenta con dos terminales: la cara expuesta a la luz, posee un enrejado metálico muy fino (plata y/o aluminio), el cual colecta los electrones fotogenerados. Esta capa corresponde a la terminal negativa. La otra cara cuenta con una capa metálica, usualmente de aluminio.

Esta corresponde a la terminal positiva ya que en ella se acumulan las cargas positivas. También la celda está cubierta con una película delgada anti reflejante para disminuir las pérdidas por reflexión.

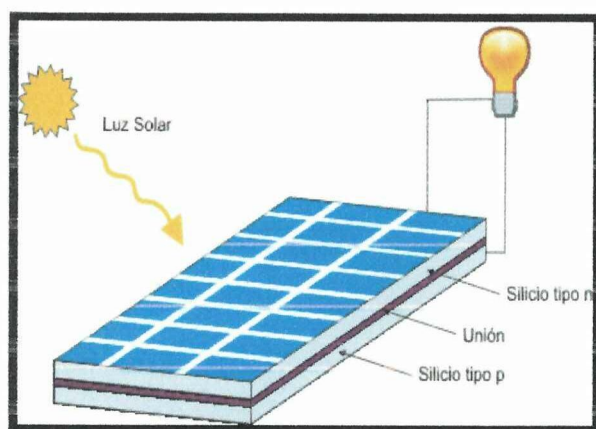
Paneles Solares.

Según (Ana, 2012) define que “Un panel solar es el conjunto de celdas o células solares en una determinada configuración para conseguir un voltaje y una corriente específicos”. Estos son fabricados de un material semiconductor como es el silicio.

Los paneles solares es un conjunto formado por células fotovoltaicas conectadas en serie y en paralelo, convenientemente ensamblado y protegido contra los agentes externos. Comúnmente los paneles han sido fabricados de voltajes estándar, como 1,5V, 6V, 12V, 24V y 48V, que son múltiplos unos de otros, el encapsulado de los paneles solares se enmarca mediante el sellado por la cara posterior con un encapsulante polimérico de EVA (etilenvinilacetato) y un recubrimiento, también plástico, de TEDLAR, y por lo anterior con un vidrio templado, muy resistente al impacto, de superficie interior anti-reflexiva y con un bajo contenido de hierro para limitar su absorbancia. La superficie exterior del vidrio debe ser lisa para evitar la acumulación de suciedad y para facilitar la limpieza por efecto de lluvia.

Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado a las aplicaciones eléctricas; los paneles captan la energía solar transformándola directamente en eléctrica en forma de corriente continua, que se almacena en acumuladores, para que pueda ser utilizada cuando estén fuera de las horas de irradiación o exista días nublados. Ver figura 1.12.

FIGURA 1. 12 PANELES SOLARES



Fuente: (Celdas Solares, 2007) <http://trauko.wordpress.com/2007/06/03/celdas-solares/>
09/10/2014 Hora 14:00 pm

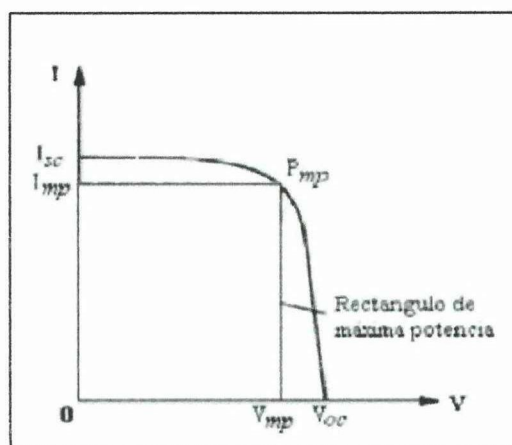
Según (Andres, 2006) indica que, “Habitualmente, los paneles independientes de la tecnología de fabricación vienen caracterizados por su curva I-V, que suele quedar definida por la tensión a circuito abierto (V_{oc}), por la intensidad de cortocircuito (I_{sc}), y por la potencia máxima o potencia pico ($P_{m\acute{a}x}$), todos ellos referidos generalmente a condiciones estándares”.

Las cuales son:

- Irradiaci3n: 1000 W/m²
- Temperatura normal de incidencia en la celda: 25 C
- Distribuci3n espectral

Bajo estas condiciones, las siguientes cantidades son medibles: la potencia máxima $P_{m\acute{a}x}$ entregada por el m3dulo, la corriente de cortocircuito (I_{sc}) y el voltaje de circuito abierto (V_{oc}) En la figura 1.13 se puede apreciar una curva caracteristica I-V (Corriente v/s Voltaje) de un panel Fotovoltaico.

FIGURA 1. 13 CURVA CARACTERÍSTICA I-V



Fuente: (Caracteristicas de Corriente -Voltaje de un Modulo Fotovoltaico)

http://www1.uprag.edu/uploads/ELEC/Caracteristica__Corriente.pdf Fecha 15/10/2014 Hora 21:00 pm.

Cada celda típica de un panel fotovoltaico provee una cantidad relativamente pequeña de energía, por ejemplo una celda de silicio de 6 cm de diámetro puede producir 0.5 amperios a 0.5 voltios por lo que es necesario realizar conexiones serie-paralelo de las celdas para que tenga un voltaje y una corriente nominal estándar.

1.7.1.3. Potencia Máxima de un panel solar

La potencia máxima corresponde al máximo rectángulo que puede inscribirse al interior de la curva I-V, la que representa la potencia máxima que puede generar una celda solar. Este punto, denominado P_{mp} , se obtiene del producto de $V_{mp} \times I_{mp}$ y viene dado por la ecuación:

$$P_{mp} = V_{mp} \times I_{mp} \quad [w] \quad \text{Ecuación (1.6)}$$

Dónde:

P_{mp} : Potencia máxima

V_{mp} : Voltaje máximo

I_{mp} : Corriente Máxima

La potencia máxima o tamaño de los módulos comerciales varía entre 25 y 300Watts. El voltaje nominal de la mayoría de los módulos oscila entre los 16 y 17.5 voltios cada módulo tiene en su parte posterior una placa del fabricante con el modelo y las especificaciones eléctricas como se muestra en la tabla 1.2

TABLA 1. 2 CARACTERÍSTICAS DE PANEL SOLAR SIMAX

Modelo	SP636-140
Rated Maximum Power (Pm)	140w
Tolerance	0~+3%
Voltage at Pmax (Vmp)	17.8V
Current at Pmax (Imp)	7.87A.
Open-Circuit Voltage (Voc)	21.8V
Short-Circuit Current (Isc)	8.56V
Nominal Operating Cell Temp (NOCT)	47±2°C
Maximum Series Fuse Rating	10A
Operating Temperature	-40°C+85°C
Application Class	A
Cell Technology	POLY-Si
Weight	12kg
Dimensions (mm)	1476x676x35

Fuente: www.proviento.com Fecha 16/10/2014 Hora 08:00am

1.7.1.4. Eficiencia de los Paneles Solares.

Se define el rendimiento o eficiencia (η) de un panel solar, como el cociente entre la potencia máxima que puede dar a la carga y la potencia luminosa recibida por la célula y se encuentra dado por la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{V_{mp} \cdot I_{mp}}{P_l} \quad \text{Ecuación (1.7)}$$

Dónde:

η : Eficiencia

V_{mp} : Voltaje máximo

I_{mp} : Corriente máxima

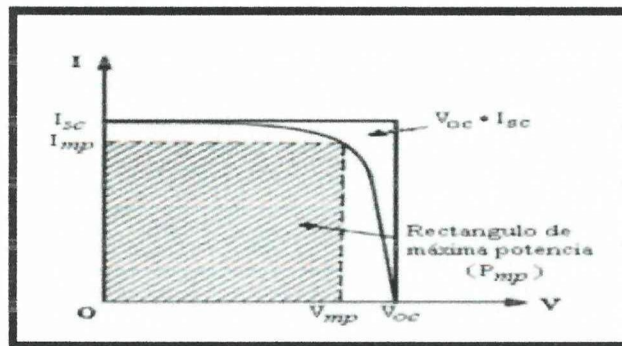
P_l : Potencia recibida por la celda

Nota: La eficiencia de los paneles solares está dentro del rango del 16-18%

Factor de forma o Factor de llenado

Este factor se define como el cociente entre la potencia máxima que la célula solar puede dar a la carga y la potencia teórica máxima definida por el punto (I_{sc} , V_{oc}): se puede apreciar de manera gráfica en la siguiente figura 1.14 donde se pueden ver las diferencias entre ambos rectángulos:

FIGURA 1. 14 FACTOR DE FORMA O DE LLENADO



Fuente: (Formulas fotovoltaica, 2012) http://es.slideshare.net/fepafu/formulas-fotovoltaica?next_slideshow=2 Fecha 18/10/2014 Hora 11:00 am

El factor de forma viene dado por la siguiente ecuación:

$$FF = \frac{V_{mp} * I_{mp}}{V_{oc} * I_{sc}} \quad \text{Ecuación (1.8)}$$

Dónde:

FF: Factor de forma

V_{mp} : Voltaje máximo

I_{mp} : Corriente máxima

V_{oc} : Voltaje de circuito abierto

I_{sc} : Corriente de circuito abierto.

1.7.1.5. Factores que afectan el rendimiento de un panel fotovoltaico.

El rendimiento de un panel FV, viene limitado por diferentes factores, dentro de los cuales se pueden destacar los siguientes:

- **Energía de los Fotones Incidentes**

Para generar los pares e- y h+, es necesario que los fotones que llegan a la célula tengan una determinada energía. En la radiación solar, una parte de los fotones incidentes no tienen energía, por lo que se pierden, y otros tienen una energía mayor, por lo que se pierde ese exceso. Un 50% de la energía incidente se pierde por éste motivo.

- **Pérdidas por Reflexión Parcial**

Parte de la luz que incide sobre la célula, es reflejada por la superficie de ésta, por lo que se pierde (se perdería un 30%). Para evitar esta pérdida en la fabricación de las células, se emplean capas anti-reflectantes y superficies rugosas (con estas capas las pérdidas quedan en aproximadamente 10%).

- **Pérdidas por Efecto de la Sombra**

Las pérdidas por el efecto de la sombra, son un factor que afecta notablemente el desempeño de las celdas solares y, en especial, a los módulos con celdas en serie, es el efecto del sombreado parcial o total, es por ello que se tiene que evitar que llegue sombra al panel fotovoltaico.

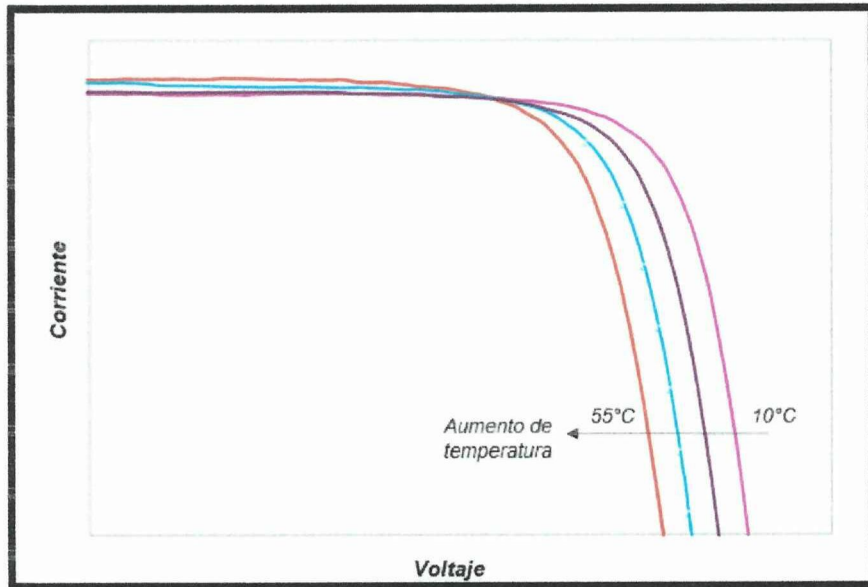
Por ejemplo, una celda que se encuentra en serie con otras celdas y que es sombreada, no logra generar la misma corriente que sus similares, y por lo tanto, no deja pasar el flujo de corriente y el módulo completo se ve afectada de la misma manera que la celda individual. Incluso, esta celda en vez de generar potencia, comienza a disipar potencia en forma de calor, por lo cual incrementa su temperatura, y puede incluso, llevar a su destrucción y en el peor de los casos del módulo completo.

- **Efecto de la Temperatura**

Otro factor que influye en el rendimiento de los módulos, es la temperatura de operación de las celdas. Por un lado, la corriente aumenta con la temperatura, pero el voltaje disminuye en un porcentaje mayor y, por lo tanto, la potencia de generación también disminuye al aumentar la temperatura. En la figura 1.15, se puede apreciar de manera gráfica, el efecto que produce la temperatura sobre la producción de corriente en el módulo.

La potencia nominal se reduce, aproximadamente, 0.5% por cada grado centígrado. Esta conducta, responde al hecho de que los fotones de la luz solar transmiten su energía directamente a los electrones, sin un paso térmico intermedio. Una demostración de esto, se puede ver con la instalación de células solares en el Polo Sur, no sólo funcionan, sino que, además, liberan más energía de la esperada en un clima como el del Polo Sur.

FIGURA 1. 15 DEPENDENCIA DE LA CORRIENTE PRODUCIDA EN FUNCIÓN DEL VOLTAJE PARA DIFERENTES TEMPERATURAS DE OPERACIÓN



Fuente: (GARCIA) http://api.eoi.es/api_v1_dev.php Fecha 18/10/2014 Hora 15:00 pm

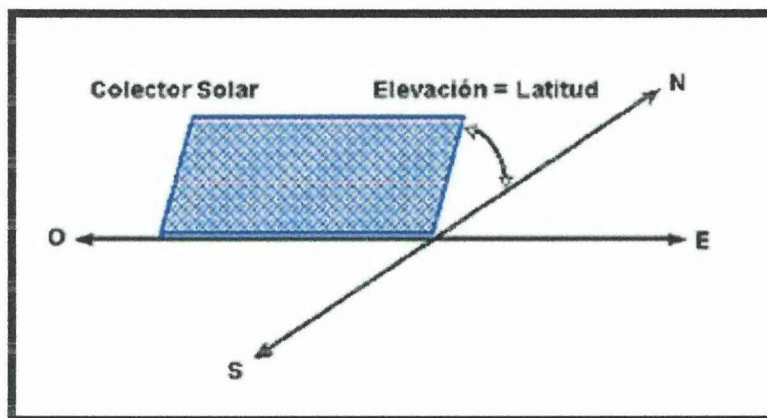
Ángulo de Inclinación de un Panel Solar

El sol se desplaza en el cielo de este a oeste. Los paneles solares alcanzan su máxima efectividad cuando están orientados hacia el sol, en un ángulo perpendicular cuando esté a mediodía. Por lo general, los paneles solares son colocados sobre un techo o sobre una estructura y tienen una posición fija; no pueden seguir la trayectoria del sol en el cielo. Por lo tanto, no estarán orientados hacia el astro con un ángulo óptimo (90 grados) mientras sea de día.

La recomendación del proveedor de PROVIENTO S.A indica como determinar el ángulo de inclinación, se hace tomando en cuenta la latitud del lugar en el que se va a colocar el panel o paneles más 5° grados, según sea el caso, además hay que tomar en cuenta que al instalarlos hay que orientarlos hacia el sur geográfico como se observa en la figura 1.16. Esto se debe principalmente a que con esta inclinación,

el panel solar tendrá un mejor rendimiento anual, la orientación del sol varía según la hora del día y también de acuerdo al día del año.

FIGURA 1. 16 ORIENTACIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA PARA MAXIMIZAR LA CAPTACIÓN DE RADIACIÓN A LO LARGO DEL AÑO



Fuente: (Energía fotovoltaica) http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html

Fecha 19/10/2014 Hora 11:00 am

1.7.2. Acumulador

En las instalaciones fotovoltaicas lo más habitual es utilizar un conjunto de baterías asociadas en serie o paralelo para almacenar la energía eléctrica generada durante las horas de radiación, para su utilización posterior en los momentos de baja o nula insolación. La fiabilidad de la instalación depende en gran medida del sistema de acumulación.

De cara a su empleo en instalaciones de electrificación fotovoltaica, es necesario conocer los siguientes conceptos:

- **Capacidad:** es la cantidad de electricidad que puede obtenerse mediante la descarga total de una batería inicialmente cargada al máximo. La capacidad de un acumulador se mide en Amperios-hora (Ah), para un determinado tiempo de descarga, es decir una batería de 100Ah es capaz de suministrar 100A en una hora o 10A en diez horas.

Para acumuladores fotovoltaicos es usual referirse a tiempos de descarga de 100 horas. Las baterías tienen un voltaje nominal que suele ser de 2, 6, 12, 24V, aunque siempre varíe durante los distintos procesos de operación. Es importante el voltaje de carga, que es la tensión necesaria para vencer la resistencia que opone el acumulador a ser cargado.

- **Eficiencia de carga:** es la relación entre la energía empleada para cargar la batería y la realmente almacenada. Una eficiencia del 100% significa que toda la energía empleada para la carga puede ser remplazada para la descarga posterior. Si la eficiencia de carga es baja, es necesario dotarse de un mayor número de paneles para realizar las mismas aplicaciones.
- **Autodescarga:** es el proceso por el cual el acumulador, sin estar en uso, tiende a descargarse.
- **Profundidad de descarga:** se denomina profundidad de descarga al valor en tanto por ciento de la energía que se ha sacado de un acumulador plenamente cargado. Como ejemplo, si tenemos una batería de 100Ah y la sometemos a una descarga de 50Ah, esto representa una profundidad de descarga del 50%.

Es necesario reconocer los ciclos de carga/descarga cuanto menos sean, mayor será la duración del acumulador.

También es necesario saber que, para la mayoría de tipos de acumuladores (baterías) que queda totalmente descargado, puede quedar dañado severamente y perder gran parte de su capacidad de carga.

Debido a que la radiación solar es un recurso variable, en parte previsible (ciclo día-noche), en parte imprevisible (nubes, tormentas); se requiere de una adecuada selección de baterías para almacenar la energía eléctrica cuando existe radiación y para utilizarla cuando se necesite.

Las baterías fotovoltaicas son un componente muy importante de todo el sistema, proveen un suministro de energía eléctrica estable y adecuada para la utilización de aparatos eléctricos.

1.7.2.1. Bateria o acumulador ULTRACELL GEL UCG100.

La batería ULTRACELL GEL UCG100 es protegida contra los cambios en la presión, y la prevención de la acumulación de gas en la batería. La autonomía y la longevidad es de un 30% más de una batería convencional.

FIGURA 1. 17 ORIENTACIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA PARA MAXIMIZAR LA CAPTACIÓN DE RADIACIÓN A LO LARGO DEL AÑO



Fuente: (Baterías de Sistemas Fotovoltaicos)

<http://www.energiasrenovables hoy.net> Fecha 20/10/2014 Hora 09:00 am

Una batería de 100hA AGM, es capaz de ofrecer tanta energía como una batería semi-clásica estacionaria. Esta batería se demora en cargar de 1 hora a 1.5 hora en la numeración de recargas es de 5000, el auto descarga por mes es de 10%, el peso de la batería está alrededor de 68.4 libras, su longitud es de 340mm. Ancho 172mm, alto 222mm, incluye en la altura de los bornes, porque permite la colocación de los conectores.

1.7.2.2. Características de un Acumulador o batería.

Las baterías para sistemas fotovoltaicos generalmente son de ciclo profundo, lo cual significa que pueden descargar una cantidad significativa de la energía cargada antes de que requieran recargarse.

En comparación, las baterías de automóviles están construidas especialmente para soportar descargas breves pero superficiales durante el momento de arranque; en cambio, las baterías fotovoltaicas están construidas especialmente para proveer durante muchas horas corrientes eléctricas moderadas.

Así, mientras una batería de automóvil puede abastecer sin ningún problema 100 amperios durante 2 segundos, una batería fotovoltaica de ciclo profundo puede abastecer 2 amperios durante 100 horas.

La capacidad de la batería para un sistema fotovoltaico determinado se establece dependiendo de cuanta energía se consume diariamente, de la cantidad de días nublados que hay en la zona y de las características propias de la batería por utilizar.

1.7.2.3. Vida Útil de los Acumuladores y Mantenimiento.

Diferentes tipos y modelos de baterías requieren diferentes medidas de mantenimiento. Algunas requieren la adición de agua destilada o electrolito, mientras que otras, llamadas “baterías libre de mantenimiento”, no lo necesitan.

Generalmente, la vida útil de una batería de ciclo profundo es entre 3 y 5 años, pero esto depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que fue sometida.

Las baterías para aplicaciones fotovoltaicas son elementos bastante sensibles a la forma como se realizan los procesos de carga y descarga.

1.7.2.4. Métodos de cálculo de baterías o acumuladores.

Cálculo del tamaño de la batería.

$$Tamaño = \frac{(AUT \times Ed)}{REND \times DESC} \quad \text{Ecuación (1.9)}$$

Dónde:

AUT: Autonomía – días sin luz solar

REND: Eficiencia de la batería

DESC: (Descarga de la batería)

Para determinar el número de baterías necesarias en un sistema solar se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Número de baterías} = \frac{\text{Tamaño}}{(\text{Ah} \times \text{V})} \quad \text{Ecuación (1.10)}$$

Dónde:

Ah: Capacidad de almacenamiento en amperios hora

V: Voltaje a carga constante.

1.7.2.5. Dimensionamiento de las baterías o acumuladores

Los ensayos de ciclado de los acumuladores, en condiciones representativas de su operación en los Sistemas Fotovoltaicos, son lentos y difíciles. Aunque no existen aún procedimientos ampliamente aceptados para optimizar esta situación. Debido a esto, la solución más práctica consiste en confiar en normas existentes y bien establecidas para usos convencionales de las baterías. Esto implica utilizar valores correspondientes a una descarga de 20 horas y el número de ciclos correspondientes a una profundidad de descarga de 50.

La primera etapa en el dimensionado de las baterías consisten en asegurar que la producción de energía excederá la demanda durante el peor mes, para lograr esto, la capacidad útil de la batería (capacidad nominal multiplicada por la máxima profundidad de descarga) debe permitir entre 3 y 5 días de autonomía (días que el sistema puede suministrar energía en ausencia de radiación solar usando solo las baterías).

La ecuación (1.11) permite calcular la capacidad del banco de baterías o acumuladores (KAh), a partir del consumo energético real E, ecuación (1.12).

$$C = \frac{E \cdot N}{V \cdot P_d} \quad \text{Ecuación (1.11)}$$

Dónde:

C: Capacidad del banco de baterías

E: Consumo energético real

N: Días de autonomía

V: Voltaje nominal del acumulado

Pd: Profundidad de descarga permitida

La Ecuación (1.13), es el resultado de las sumas de todas las cargas, constituye el consumo energético teórico E_t en Wh. A partir de este valor se debe calcularse el consumo energético real E (Wh), que considera los diversos factores de pérdida en la instalación de los paneles fotovoltaicos de acuerdo con la siguiente ecuación

$$E = \frac{E_t}{R} \quad [Wh] \quad \text{Ecuación (1.12)}$$

Dónde:

E: Consumo energético real

E_t : Consumo energético Teórico

R: Es el rendimiento global de toda la instalación fotovoltaica definida como:

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) * (1 - \frac{K_a \cdot N}{P_d}) \quad \text{Ecuación (1.13)}$$

Dónde:

K_b : Coeficiente de pérdidas debida al rendimiento del acumulador:

0,05 en sistemas que no se producen descargas intensas

0,1 en sistemas con descargas profundas

K_c : Coeficiente de pérdidas en el inversor:

0,005 para inversores de salida senoidal pura, en condiciones óptimas.

0,1 en sistemas alejados de condiciones óptimas

Kv: coeficiente de pérdidas varias (transmisión efecto Joule, etc)

En el intervalo de valores de este parámetro que se toma como referencia es 0,05-0,15kV

Ka: Coeficiente de autodescarga diaria de las baterías, los valores típicos son:

0,002 para tuberías de auto descarga (Ni-Cd)

0,005 para baterías estacionarias de plomo ácido (las más usuales)

0,012 para baterías de alta autodescarga (SLI)

N: días de autonomía de la instalación

4-10 días como valores de referencia

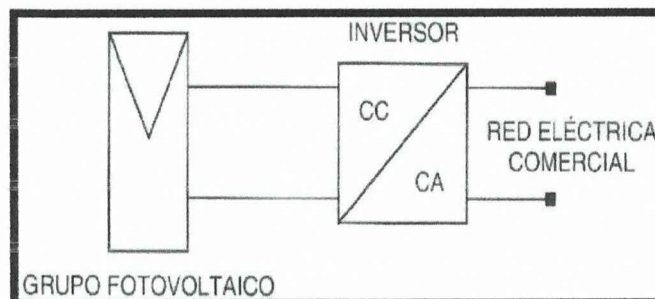
Pd: Profundidad de descarga diaria de la batería

No deberá exceder el 80% de la capacidad del acumulador

1.7.3. Inversor

Se encarga de transformar la corriente continua producida por el campo fotovoltaico en corriente alterna ver figura 1.18. La cual alimentará directamente a los usuarios. Un sistema fotovoltaico no siempre debe constar de estos elementos, es decir, dependiendo del tipo y tamaño de las cargas a alimentar se debe diseñar el sistema y la capacidad se dictaminará en base a lo estipulado.

FIGURA 1. 18 EL INVERSOR



Fuente: (canarias) <http://www.gobiernodecanarias.org> Fecha 22/10/2014 Hora

14:00 pm

Tiene la finalidad de adaptar las características de la corriente generada a la demanda total o parcial para las aplicaciones. En determinadas aplicaciones que trabajan en corriente continua, no es posible hacer coincidir los voltajes proporcionados por el acumulador con la solicitada por todos los elementos de consumo. En este caso se requiere de un convertidor de voltaje continuo.

En otras aplicaciones, la utilización incluye elementos que trabajan en corriente alterna. Puesto que tanto los paneles como las baterías trabajan en corriente continua, es necesaria la presencia de un inversor que transforme la corriente en alterna.

La eficiencia del inversor varía en función de la potencia consumida por la carga. Esta variación es necesario conocerla, sobre todo si la carga en alterna es variable a fin de que el punto de trabajo del equipo se ajuste lo mejor posible a un valor promedio especificado.

Aspectos importantes que habrán de cumplir los inversores para instalaciones autónomas son:

- Deberán tener una eficiencia alta, pues en caso contrario se habrá de aumentar innecesariamente el número de paneles para alimentar la carga. (No todos los inversores existentes en el mercado cumplen estas características.)
- Estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas.

Un inversor es la solución fácil para convertir toda la salida del sistema solar a una potencia AC estándar pero tiene desventajas:

- Para muchas aplicaciones no es necesario en lo absoluto utilizar un inversor. Aumenta el costo y complejidad de sistema.
- Un inversor también consume energía y por tanto disminuye la eficiencia general del sistema.

La ventaja del inversor es que el voltaje de operación es mucho más alto y por tanto puede evitarse el uso de cables gruesos. Especialmente cuando deben usarse cables largos podría ser económicamente viable utilizar un inversor.

1.7.3.1. Regulador de Carga.

En un sistema solar fotovoltaico el regulador de carga se usa para regular el paso de la energía de los módulos a los puntos de consumo o acumulador, garantizando una larga vida a los acumuladores. Se debe tener en cuenta que en las instalaciones solares fotovoltaicas, los acumuladores están sometidos a ciclos de carga y descarga constantes, por lo que son muy sensibles a sufrir daños si la regularización no es buena. El regulador controla el voltaje (V) y la corriente (I).

En ciertos casos los reguladores también proporcionan las siguientes informaciones: estado de batería en carga, indicación de batería cargada y protección de contra carga excesiva, también lleva sensores de temperatura para que la carga se desarrolle correctamente, esto permite desenvolverse en tiempo real para tomar las debidas precauciones.

FIGURA 1. 19 19 CONTROLADOR DE CARGA



Fuente: (PROViento) www.proviento.com Fecha 22/10/2014 Hora 21:00 pm

1.8. CONDUCTOR

El cable de conexión o conductor representa el componente indispensable para el transporte de la energía eléctrica entre los diferentes bloques que integran un sistema fotovoltaico. Resulta inevitable que parte de esta energía se pierda en forma de calor, ya que la resistencia eléctrica de un conductor nunca es nula.

Los cables utilizados en un sistema fotovoltaico están cuidadosamente diseñados. Como el voltaje en un sistema fotovoltaico es voltaje CC bajo, 12 o 24 V, las corrientes que fluirán a través de los cables son mucho más altas que las de los sistemas con voltaje AC de 110 o 220 V.

La resistencia de un conductor viene dado por las siguientes ecuaciones.

$$R = \frac{L}{(\rho \times S)} \quad (\text{Ecuación 1.14})$$

Dónde:

R: Resistencia en ohmios

L: Longitud en metros

S: Sección del conductor en mm

ρ : Conductividad (inversa de la resistividad)

La misma resistencia de un conductor se puede definir como:

$$R = \frac{(V_a - V_b)}{I} \quad (\text{Ecuación 1.15})$$

Dónde:

($V_a - V_b$): Diferencia de potencial entre los puntos a y b

I: Es la intensidad Eléctrica

Luego sustituyendo, resulta que la ecuación queda de la siguiente forma:

$$\frac{(V_a - V_b)}{1} = \frac{L}{\rho \times S} \quad \text{Ecuación (1.16)}$$

TABLA 1. 3 RESISTIVIDAD, RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL CONDUCTOR

Material	Resistividad a 23 °C en ohmios - metro	Material	Resistividad a 23 °C en ohmios - metro
Plata	$1,59 \times 10^{-8}$	Nicromo	$1,50 \times 10^{-6}$
Cobre	$1,68 \times 10^{-8}$	Carbón	$3,50 \times 10^{-5}$
Oro	$2,20 \times 10^{-8}$	Germanio	$4,6 \times 10^{-1}$
Aluminio	$2,65 \times 10^{-8}$	Silicio	$6,40 \times 10^2$
Tungsteno	$5,6 \times 10^{-8}$	Piel Humana	$5,0 \times 10^5$ aprox.
Hierro	$9,71 \times 10^{-8}$	Vidrio	10^{10} to 10^{14}
Acero	$7,2 \times 10^{-7}$	Hule	10^{13} aprox.
Platino	$1,1 \times 10^{-7}$	Sulfuro	10^{15}
Plomo	$2,2 \times 10^{-7}$	Cuarzo	$7,5 \times 10^{17}$

Fuente: (Unicom) www.unicom.com Fecha 26/10/2014 Hora 09:00 am

Despejando la ecuación 1.16 la sección del conductor se determina a través de la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2LI}{\rho(V_a - V_b)} \quad \text{Ecuación (1.17)}$$

Dónde:

S = Sección en mm^2

L= Longitud en metros hasta el receptor

I= La intensidad de corriente que circula por el conductor en Amperios.

Para darse una idea del tamaño de los cables la tabla 1.4 muestra algunas características de ellos, la corriente máxima que puede fluir sin recalentar el cable y la cantidad de potencia que puede producirse a diferentes voltajes: A continuación damos una tabla para conductores eléctricos extraído del manual del fabricante de cables eléctricos, que nos servirá para saber que calibre de

conductor es necesario teniendo como dato la corriente que circulará por el conductor.

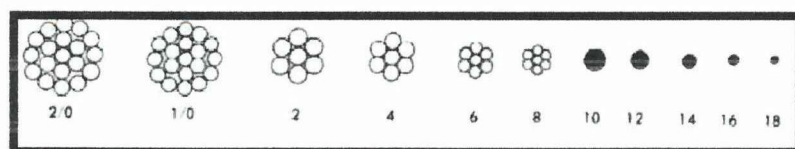
TABLA 1. 4 CALIBRE DE CONDUCTORES NECESARIOS PARA CORRIENTE QUE CIRCULA POR UN CONDUCTOR

		Intensidad
Calibre	Sección Real	Admisible
AWG-MCM	(mm ²)	(Amperios)
14	2,081	30
12	3,309	40
10	5.261	55
8	8,366	70
6	13,3	100
4	21,15	130
3	26,67	150
2	33,63	175
1	42,41	205
1/0	53,48	235
2/0	67,43	275
3/0	85,03	320
4/0	107,2	370
250 MCM	126,7	410
300 MCM	151	460

Fuente: (Electricidad Gratuita) <http://www.electricidad-gratuita.com/cables-electricos-d5.html> Fecha 26/10/2014 Hora 14:00 pm.

En la figura 1.20 se puede ver la diferencia de diámetros entre cables con diferente calibre. Por ejemplo, un cable calibre 14 (ver el círculo con el número 14), es mucho más pequeño que el de calibre 2.

FIGURA 1. 20 DIFERENCIA DE DIÁMETROS ENTRE CABLES CON DIFERENTE CALIBRE



Fuente: (Electricidad Gratuita) <http://www.electricidad-gratuita.com/cables-electricos-d5.html>

Fecha 27/10/2014 Hora 10:00 am

Los fabricantes de cables proporcionan tablas que permiten seleccionar el calibre óptimo de acuerdo a la intensidad de corriente (en amperios) que pase por ellos.

Es importante considerar la caída de tensión en el cable proveniente del arreglo de paneles hacia el controlador o del arreglo de baterías hacia el controlador.

En la tabla 1.5 se considera a la potencia para distintos niveles de voltaje.

TABLA 1. 5 POTENCIA PARA DISTINTOS NIVELES DE VOLTAJE

Tamaño del cable, corte de área seccional mm ²	Corriente Máxima	Potencia generada (W)		
		12 V	24 V	220 V
1.0	10	20	240	2200
1.5	15	80	360	3300
2.5	20	240	480	4400
4.0	30	360	720	6600
6.0	35	420	840	7700
10.0	50	600	1200	11000
16.0	70	840	1680	15400
25.0	90	1080	2160	19800

Fuente: (Electricidad Gratuita)

<http://sistemaselectricosdefuerzayalumbrado.blogspot.com/2012/08/12-identifica-los-componentes-de-los.html> Fecha 27/10/2014 Hora 15:00 pm

De esta tabla queda claro que a voltajes bajos sólo pueden abastecerse demandas bajas de potencia. Para alcanzar una potencia de 1 kW a 12 V un cable de 25.0 mm² debe utilizarse para suministrar tanto como 20 kW a 220 V. Esto aumenta el precio del sistema drásticamente debido a que los cables más gruesos son más costosos.

Cuando se utilizan fusibles, para proteger la unidad de control o dispositivos contra corrientes altas, el tamaño de los fusibles no debería ser mayor a la proporción de corriente máxima del cable. Los fusibles son sólo útiles en el extremo de uso de la batería pues en el lado fotovoltaico de la batería la corriente de corto circuito es sólo 10% mayor que la corriente máxima durante brillo solar completo.

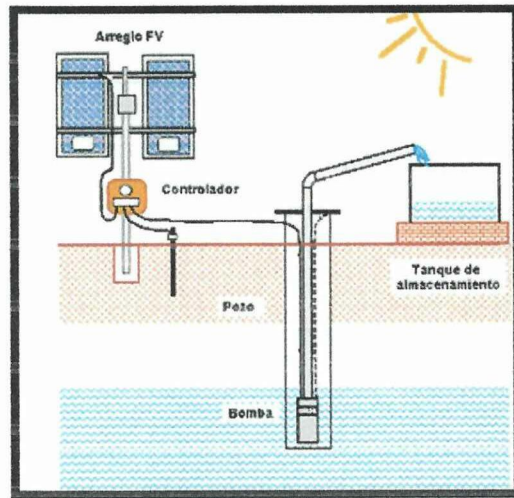
Cuando se diseñan sistemas más grandes, uno debe realizar un análisis de costo/performance para elegir el voltaje operativo adecuado. Más aún sería mejor reunir pequeños grupos de paneles y de ser posible hacer el voltaje de operación más alto que 12 ó 24 V.

1.9. SISTEMA FOTOVOLTAICO DE RIEGO POR ASPERSIÓN

Un sistema fotovoltaico de riego por aspersión emplea un generador fotovoltaico para alimentar una motobomba y extraer agua de una fuente o pozo, almacenarla en un depósito o transportarla de un lugar a otro tal como muestra la figura 1.21.

Esta aplicación de la tecnología fotovoltaica posee dos peculiaridades que la hacen particularmente atractiva. La primera es que se basa en la generación de consumo, dependiente de las variables de radiación solar y consiguiente productividad eléctrica son a la vez de mayor consumo de agua. La segunda es que no necesariamente necesita emplear acumuladores electroquímicos para almacenar energía y dotar de autonomía al sistema: un depósito elevado de agua almacena energía potencial de forma más barata, segura, eficiente y fiable.

FIGURA 1. 21 ESQUEMA DE UNA INSTALACION TIPICA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE RIEGO DE AGUA



Fuente: (Bombeo fotovoltaico) http://solar.nmsu.edu/wp_guide/bombeo.html
Fecha 29/10/2014 Hora 08:00 am

1.9.1. Componentes

Los principales componentes de un Sistema Fotovoltaico de Bombeo: El generador fotovoltaico, la motobomba, cabezal de prueba, circuito hidráulico, equipo de acoplamiento entre generador y motobomba. A continuación se describen las características principales de cada una de ellas.

1.9.1.1. En sistemas fotovoltaicos.

Es frecuente el empleo de motobombas, que integran de forma conjunta al motor eléctrico que acciona la bomba de agua. Se describe abajo el funcionamiento de un motor eléctrico y de una bomba de agua.

Motores Eléctricos.

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas tal como indica la figura 1.22.

FIGURA 1. 22 MOTOR ELECTRICO



Fuente: (Alibaba.com) <http://spanish.alibaba.com> Fecha 29/10/2014 Hora 10:00 am

Bomba de Agua.

La bomba de agua también conocida como bomba hidráulica es una máquina que tienen como finalidad de convertir la energía mecánica en hidráulica, se utiliza para mantener un líquido en movimiento y así aumentar su presión tal como indica la FIGURA 1.23.

FIGURA 1. 23 : BOMBA DE AGUA



Fuente: (TECHNOLOGY) <http://www.directindustry.es/> Fecha 29/10/2014 Hora 14:00 pm

Eficiencia De La Bomba

En un sistema de riego es muy importante conocer la eficiencia de la bomba y para ello se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$E_B = \frac{\text{Potencia transmitida al fluido}}{\text{Potencia de entrada a la bomba}} \quad \text{Ecuación (1.18)}$$

También es necesario conocer la potencia de entrada a la bomba que viene determinado por la siguiente ecuación:

Ecuación (1.19)

$$\text{Potencia de entrada a la bomba} = \frac{\text{Potencia transmitida al fluido}}{E_B}$$

La unidad de medida de la potencia de entrada de la bomba viene expresada en vatios.

1.9.1.2. Acoplamiento generador fotovoltaico – bomba.

Un Sistema Fotovoltaico de Riego integra dos equipos cuyo funcionamiento es variable con determinadas condiciones particulares. Por una parte, el generador fotovoltaico varía su curva de salida de acuerdo a la irradiación y a la temperatura.

Por otra parte, el conjunto motor-bomba cambia de punto de trabajo según las características de la entrada al motor y según sean las condiciones del sistema de riego.

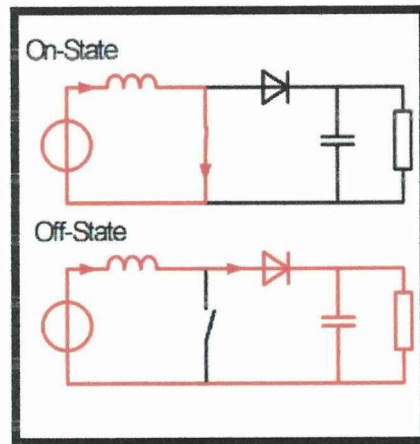
Para acoplar adecuadamente estos dos equipos se hace necesario el uso de un equipo adicional capaz de modificar la señal de salida del generador para adaptarla a las necesidades de la motobomba, y también modificar el punto de trabajo de la motobomba en función de la potencia disponible en el generador. En los sistemas de inducción este equipo es un variador de frecuencia, y en los que incorporan un motor de alterna se trata de un convertidor de DC-AC

Convertidor de DC-AC

Un convertidor de DC-AC es un dispositivo que transforma corriente continua de una tensión a otra. En los Sistemas Fotovoltaicos de Riego regulan la tensión de entrada a la bomba para que el arranque se realice correctamente y la estabilizan durante el funcionamiento normal. Según sea la relación deseada entre el voltaje de entrada y el voltaje de salida se emplea un tipo de circuito u otro. Por ejemplo,

cuando se desea elevar el voltaje de entrada se opta por un circuito tipo Boost como indica la figura 1.24.

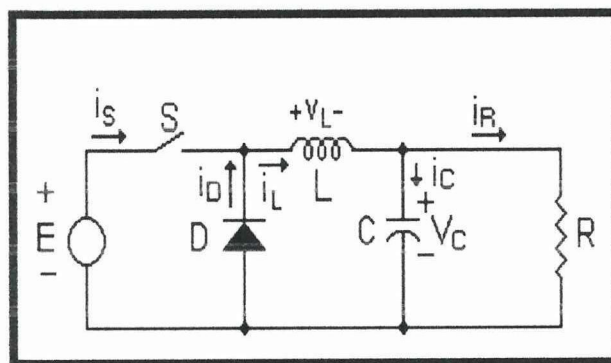
FIGURA 1. 24 CIRCUITO TIPO BOOST



Fuente: (Capacitancia en el MONSFET) <http://www.geekfactory.mx> Fecha 01/11/2014 Hora 08:30 am

Pero cuando es necesario que el voltaje de salida sea menor que el voltaje de entrada se utiliza un circuito tipo buck tal como se muestra en la siguiente figura 1.25.

FIGURA 1. 25 CIRCUITO TIPO BOOST



Fuente: (Capacitancia en el MONSFET) <http://proton.ucting.udg.mx/dpto/tesis/quetzal/TES32-01.html> Fecha 01/11/2014 Hora 11:30 am

La relación entre la entrada y la salida se puede regular alterando el ciclo de trabajo del dispositivo de conmutación que incorpora cada tipo de circuito

1.9.2. Protecciones para Tanque de Almacenamiento

Durante el funcionamiento del sistema deben evitarse dos situaciones externas; el vaciado del pozo y el desbordamiento del tanque de almacenamiento.

Cuando la velocidad de extracción de agua por la bomba supera la velocidad de reposición por el manantial, el giro de la bomba se realizará en vacío con una mezcla de aire y agua. Este fenómeno, denominado cavitación, puede dañar la bomba por fricción, vibración excesiva y recalentamiento. Un método común para evitar esta situación consiste en controlar la frecuencia de salida del variador.

Cuando la motobomba trabaja en vacío, la potencia mecánica necesaria baja y con ella la corriente. Para recuperar el voltaje de referencia, el variador debe subir la frecuencia indefinidamente. Una vez que se alcanza una frecuencia límite por ejemplo 60 Hz, esta protección debe ordenar el paro del sistema.

Para permitir que el sistema de riego sea capaz de reponer el agua, el control debe incluir el tiempo de espera antes de rearmar la bomba.

1.9.3. Circuito Hidráulico

El circuito hidráulico es el conjunto de accesorios que completan la instalación desde la salida de la fuente o pozo hasta el punto de suministro, pasando por el almacenaje en depósito elevado en caso necesario. Comprende elementos tales como la tubería de impulsión, el depósito elevado, la boca de la fuente, la tubería de distribución y valvulería asociada. La tubería de impulsión es la tubería instalada a la salida de la bomba. Para los depósitos pequeños menores a 1000 litros deben elegirse un depósito de plástico de color negro, ya que los colores que permiten el paso de la luz favorecen a la aparición de algas y otros contaminantes. Este plástico puede ser de polietileno de alta densidad para uso alimentario.

1.10. SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

MACÍAS, Mery (2011a, Pág. 12) define que "El riego por aspersión es una modalidad de riego mediante la cual el agua llega a las plantas en forma de "lluvia"

localizada más o menos intensa y uniforme sobre la parcela con el objetivo que infiltre en el mismo punto donde cae.

Para ello es necesaria una red de distribución que permita que el agua de riego llegue con presión suficiente a los elementos encargados de aplicar el agua (aspersores o difusores).”

Con este sistema el agua se aplica al suelo en forma de lluvia utilizando unos dispositivos de emisión de agua, denominados aspersores, que generan un chorro de agua pulverizada en gotas. El agua sale por los aspersores dotada de presión y llega hasta ellos a través de una red de tuberías cuya complejidad y longitud depende de la dimensión y la configuración de la parcela a regar. Por lo tanto una de las características fundamentales de este sistema es que es preciso dotar el agua de presión a la entrada de la parcela de riego por medio de un sistema de bombeo.

La disposición de los aspersores se realiza de forma que se moje toda la superficie del suelo, de la forma más homogénea posible tal como se muestra en la figura 1.26.

FIGURA 1. 26 RIEGO POR ASPERSIÓN



Fuente: (Jardinera.pro tu blog de jardineria)
<http://www.jardinera.pro/varios/aspersion-sistema-de-riego/> Fecha 01/11/2014
Hora 13:30 pm

El principio de operación en los sistemas de riego por aspersión se basa en convertir la energía de presión en energía de velocidad a la salida de la boquilla del aspersor en forma de chorro. A medida que dicho chorro de agua pasa sobre el terreno del campo, éste queda esparcido en forma de gotas de agua, las cuales al reunirse con la resistencia del aire caen a la superficie del suelo

1.10.1. Componentes de un sistema de riego por aspersión.

Un sistema de riego por aspersión está compuesto de muchas partes. Estas partes van desde la boquilla hasta las válvulas que controlan la entrada del agua al sistema. Dentro de esta gama encontramos aspersores (fijos o giratorios), reguladores de presión o flujo, tubos elevadores, acoples, acoplamientos de tuberías, válvulas, etcétera.

Presión del Agua

Es necesaria por dos motivos: la red de distribución se multiplica en proporción a la superficie que debemos regar y teniendo en cuenta que el agua debe llegar al mismo tiempo y a la misma presión a las bocas donde se encuentran instalados los mecanismos de difusión (aspersores) con el fin de conseguir un riego uniforme. La segunda razón es que la presión del agua debe ser capaz de poner en marcha todos los aspersores al mismo tiempo bien sean fijos o móviles, de riego más pulverizado o menos.

En el caso de que la presión de la red no sea suficiente se deberá instalar un motor que dé la presión suficiente desde el depósito hasta los aspersores.

Red de tuberías

La red de tuberías son las que conducen el agua por la superficie a regar se compone de ramales de alimentación primaria que son las que conducen el agua principal para suministrar a los ramales secundarios que conectan directamente con los aspersores.

Esto conduce mediante un estudio técnico adecuado y a un diseño propicio para garantizar el éxito de la instalación, y la optimización del recurso principal como es el agua.

Las tuberías usualmente empleadas en conducciones de agua pueden ser los siguientes materiales PVC (poli-cloruro de vinilo), PE (polietileno), fibrocemento, hormigón, aluminio y acero.

El tipo de tubería más usada en los sistemas de riego por aspersión son las de PVC y PE. Teniendo características de mayor resistencia mecánica las de PVC con relación a las de PE. Otra tubería muy usada es la de aluminio, debido a su poco peso y su fácil sistema de acople tiene gran aceptación en los sistemas de riego por aspersión móvil.

Como los sistemas de riego por aspersión operan a bajas presiones (presión máxima de riego 100 psi) en comparación con otros sistemas, la tubería de PVC y PE satisfacen dichas demandas. La tubería de aluminio presenta una desventaja por su alto costo, en cambio las tuberías de PVC tienen acoples rápidos y a un cómodo costo.

Las tuberías de hormigón, fibrocemento y acero se emplean para grandes caudales y elevadas presiones.

Tuberías PVC

La gama de características y propiedades de los plásticos es probablemente mayor que la existente entre los diferentes metales.

Entre los plásticos más comunes (PVC, ABS, PE, EXPOXY), hay grandes diferencias en sus propiedades físicas y químicas dando lugar esto a diversos tipos y grados para cada plástico. El PVC tiene cuatro tipos, los cuales a su vez pueden tener varios grados, de esta forma el tipo I tiene excelente resistencia a la tracción y buena resistencia química aunque su resistencia al impacto es menor a la del tipo II, este a su vez no tiene buena resistencia a la tracción y a los agentes químicos (corrosión) como el tipo I, pero presenta mayor resistencia al impacto

De todas estas variedades el PVC Tipo I. Grado I, es el que reúne las características físicas y químicas más adecuadas para la fabricación de tuberías para abastecimiento de agua.

La aceptación de las tuberías de PVC se debe a sus ventajas económicas y técnicas, algunas de estas propiedades son:

- Gran resistencia a la corrosión.
- Alta resistencia química
- Alta resistencia al envejecimiento.
- Bajo coeficiente de elasticidad

Todos los materiales de PVC tienen ciertas instalaciones, los de mayor consideración son:

- La resistencia al impacto se reduce a temperatura cercana o inferior a 0°C.
- La tubería PVC tipo I, grado no debe quedar expuesta a los rayos solares por periodos prolongados, ya que estos pueden afectar a sus propiedades mecánicas.

Además de dividirse en tipos y grados, la tubería de PVC se divide en clases, las cuales indican la presión de trabajo máximo y la presión mínima de ruptura tal como muestra la TABLA 1.6

TABLA 1. 6 PRESIÓN DE TRABAJO Y PRESIÓN DE RUPTURA EN TUBOS DE PVC

Clase	Presión máxima de ruptura	Presión mínima de ruptura
16	68 Kg/cm ²	16 Kg/cm ²
10	51 Kg/cm ²	10 Kg/cm ²
6	28 Kg/cm ²	6Kg/cm ²
4	22 Kg/cm ²	14 Kg/cm ²

FUENTE: (Ingemécanica, s.f.)

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn207.html> Fecha 01/11/2014
Hora 21:00 pm

El uso más común de las tuberías de PVC es la conducción de agua tanto en la succión como en la impulsión. Dentro de la impulsión la tubería o también llamada línea, se divide en línea principal, secundaria y ramales. Frecuentemente la línea principal y las secundarias son en PVC, siendo la primera de un diámetro mayor que las secundarias, los ramales son casi exclusivamente de PE por conducir caudales bajas presiones.

Las tuberías de PVC y los accesorios deben llevar una inscripción indicando como mínimo:

- Designación comercial
- Siglas PVC
- Diámetro nominal en mm
- Presión nominal o clase
- Referencia a la norma de fabricación

Tubería de PE

El polietileno es un plástico derivado del etileno, al que se somete a un proceso de calor y presión que provoca su polimerización. Las tuberías de polietileno se fabrican mediante extracción.

En enorme impulso de los Sistemas de Riego Tecnificado se debe en gran parte al desarrollo de las tuberías de PE, las que presentan dos ventajas respecto a la tubería de PVC:

- Se puede instalar al aire libre
- Es flexible y menos frágil
- También posee sus desventajas:
- La tubería de PE es de mayor costo que la tubería de PVC ya que el PE posee menor resistencia a la tracción y por un mismo diámetro y presión nominal se necesita un espesor mayor de tubería implicando más cantidad de material en su fabricación.
- Los accesorios de PE tienen mayor costo que los de PVC
- La presión de trabajo de la tubería de PE se reduce al aumentar la temperatura.

Comercialmente se fabrican tres tipos de tubos de polietileno

1. Tubo de polietileno de baja densidad sin pigmentar igual o inferior a $0,930 \text{ kgm}^3$
2. Tubo de polietileno de media densidad, con densidad sin pigmentar entre $0,931$ y $0,940 \text{ kgm}^3$
3. Tubo de polietileno de alta densidad, con densidad sin pigmentar mayor que $0,940 \text{ kgm}^3$

De los tres tipos, el más utilizados en los Sistemas de Riego Tecnificado es el de baja densidad usado comúnmente en los ramales por su mayor flexibilidad.

Las tuberías se venden en rollos de longitud variable según el diámetro y existe gran variedad de accesorios

Los tubos de PE deben llevar una inscripción indeleble indicando:

- Identificación del fabricante
- Diámetro nominal
- Espesor nominal
- Presión nominal
- Año de fabricación
- Referencia a la norma de fabricación

Aspersores

En los sistemas de riego por aspersión son usados aspersores con cabeza giratoria, porque giran alrededor de su eje y permiten regar una superficie circular impulsados por la presión del agua, aunque en el mercado los hay de variadas funciones y distinto alcance.

Los aspersores son unas toberas provistas de un mecanismo que permite rotar sobre su eje utilizando para esto la fuerza del agua. Para su funcionamiento necesitan de ciertas presiones que se hacen mayores a medida que sea necesario que aumente su caudal y alcance o área de regar. Tanto el caudal como el alcance dependen de del diámetro de la boquilla de salida del aspersor. Para una misma boquilla variando la

presión de trabajo se puede variar el alcance del chorro de agua junto con el caudal. Cuando se requiere de alcances o caudales diferentes se debe reemplazar la boquilla por otra de diferente diámetro. Los aspersores pueden tener varias boquillas, los que varían su ángulo de salida cubriendo todo el radio de riego.

Depósito de agua

Sus funciones son la de almacenamiento del agua suficiente para uno o varios riegos y la de ser punto de enlace entre el agua sin presión y el motor de impulsión de esa agua a la presión necesaria para el riego calculado.

1.10.2. Clasificación de los Sistemas de Riegos por Aspersión

Los sistemas de riego por aspersión se pueden clasificar en dos grupos:

1. Sistemas estacionarios que permanecen mientras dura el riego y pueden ser:
 - Sistemas móviles (portátiles)
 - Sistemas semifijos
 - Sistemas fijos

2. Sistemas mecanizados que se desplazan mientras aplican el agua de riego y pueden ser:
 - Cañones de riego
 - Lateral de avance frontal
 - Pivotes

1.10.3. Principios del Riego por Aspersión

El principio de riego por aspersión consiste en un sistema de riego presurizado, que aplica agua al cultivo en forma de lluvia artificial, permitiendo controlar la intensidad de descarga y el tiempo de aplicación. Este tipo de riego utiliza emisores de agua llamados aspersores, es un riego uniforme es decir que cubre el 100% de la superficie.

Los aspersores, se fabrican de una amplia gama de modelos, requerimientos de presiones, diámetros de mojadura y diferentes descargas. El aspersor, lanza al aire el agua por medio de unas boquillas, por lo general la forma de regar el agua es de forma circular.

Los aspersores pueden clasificarse por tipo de presión que utiliza:

Baja presión, los aspersores trabajan con una presión menor a 2 kilogramos por centímetro cuadrado o 20 metros de altura de agua con diámetros de salpicaduras variables.

La mayor o menor uniformidad de la lámina de agua aplicada, se logra por la calidad del aspersor, controlando la presión para alcanzar el diámetro de rociado elegido.

Alta Presión, los aspersores trabajan con una presión mayor a 4 kilogramos por centímetro cuadrado o mayor a 20 metros de altura de agua con diámetros de salpicaduras variables.

Hay que ver el tipo de gota y que la lluvia sea uniforme, el grado de traslape o de otra manera, que exista una buena superposición entre aspersor y aspersor.

1.11. AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

El interés en la automatización de los sistemas de riego por aspersión ha resultado en un aumento en la investigación y desarrollo en el campo de la instrumentación y equipo de cómputos necesarios para completar la tarea. Una gran variedad de instrumentación y equipo de cómputos con variadas características están disponibles comercialmente. Estos pueden subdividirse en seis categorías: Controles, Válvula, Metro de flujo, Filtro, Inyector de químicos y Sensor ambiental.

Los controles reciben retroalimentación (alimentación) acerca del volumen de agua por campo, línea de presión, razón de flujo, data climatológica, humedad del suelo, estrés de agua de la planta, etc., de sensores en el campo. Esta información se compara luego con los límites deseados y el ciclo de riego se modifica de acuerdo

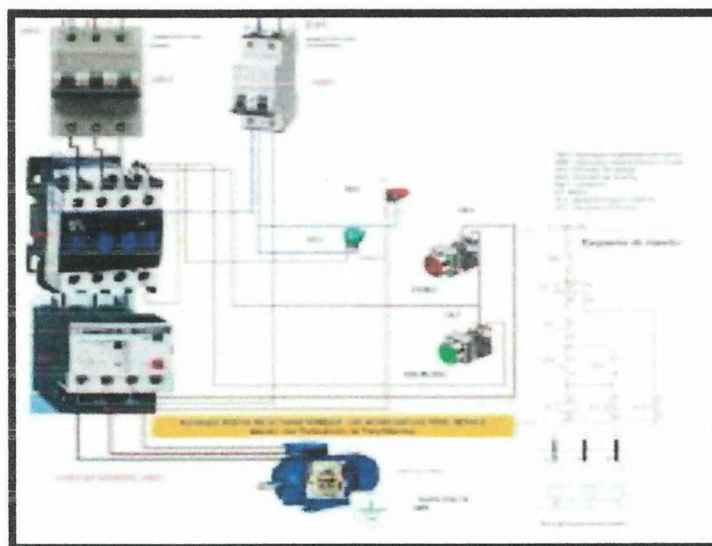
a éste. Los controles pueden ser automáticos o puestos mediante comandos manuales para operar válvulas de agua, contactos, etc.

ARDILA, Fátima (2011a, Pág. 22) indica que “Las ventajas de automatizar el sistema de riego por aspersión son las siguientes: economía del agua, ahorro de mano de obra, aumento en la producción conservación de energía y control efectivo de riego”.

Según el criterio anterior se puede definir a un sistema de riego automático es un procesos basado en un conjunto de componentes que son capaces de realizar el control sin intervención de agentes exteriores ver figura 1.27. Corrigiendo errores mediante un los controladores lógicos programables (PLC, S) para su óptimo funcionamiento y eficiencia.

Un sistema de riego tradicional está compuesto de tuberías principales (normalmente enterradas) y tomas de agua o hidrantes para la conexión de secundarias y los aspersores. Todos o algunos de estos elementos pueden estar fijos en el campo, permanentes o solo durante la campaña de riego. Además también pueden ser completamente móviles y ser transportados desde un lugar a otro.

FIGURA 1. 27 AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO



Fuente: (INDUSTRIALES, s.f.)<http://es.scribd.com/doc/16155171/tableros-electricos> Fecha: 14/09/2014 Hora: 09:36 am

1.11.1. Componentes de la Automatización del Sistema de Riego

Para la automatización se cuenta con tableros de control que cumplen la normatividad necesaria, pueden suministrarse con operación manual u operación automática a través de cableado estándar, dentro de sus elementos consta los siguientes componentes:

1.11.1.1. Contactor.

Es un mecanismo cuya misión es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos. Esto ocurre cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos tal como muestra la figura 1.27.

Partes del Contactor.

Contactos Principales 1, 2, 3, 4, 5,6

Tienen por finalidad abrir o cerrar el circuito de potencia.

Contactos Auxiliares 13,14 (NO)

Se emplean en el circuito de mando o de maniobras, por este motivo soportaran menos intensidad que los principales

- Circuito Electromagnético

Consta de tres partes:

1. El núcleo, en forma de E. Parte fija
2. La bobina A1-A2
3. La armadura. Parte móvil.

Elección del Contactor:

Cuando se va a elegir un contactor hay que tener en cuenta, entre otros factores, lo siguiente:

- Voltaje de alimentación de la bobina: esta puede ser continua o alterna, siendo esta última la más habitual, y con voltajes de 12V, 24V o 220V.
- Número de veces que el circuito electromagnético va a abrir y cerrar. Se puede necesitar un contactor que cierre uno o dos veces al día, o quizás otro que esté continuamente abriendo y cerrando sus contactos. Hay que tener en cuenta el arco eléctrico que se produce cada vez que esto ocurre y el consiguiente deterioro.
- Corriente que consume el motor de forma permanente (corriente de servicio).

Por lo tanto es conveniente el uso de catálogos de fabricantes en los que se indican las distintas características de los contactores en función del modelo.

1.11.1.2. Temporizador.

Un temporizador o minuterio es un dispositivo, con frecuencia programable, que permite medir el tiempo. La primera generación fueron los relojes de arena, que fueron sustituidos por relojes convencionales y más tarde por un dispositivo íntegramente electrónico. Cuando transcurre el tiempo configurado se hace saltar una alarma o alguna otra función a modo de advertencia.

1.11.1.3. Pulsadores.

Los pulsadores son elementos de accionamiento que sirven para cerrar o abrir un circuito permitiendo el paso o no de la corriente a través de ellos tal como se muestra en la figura 1.27.

Los botones son de diversas formas y tamaño y se encuentran en todo tipo de dispositivos, aunque principalmente en aparatos eléctricos y electrónicos.

Los botones son por lo general activados, al ser pulsados con un dedo. Permiten el flujo de corriente mientras son accionados. Cuando ya no se presiona sobre él vuelve a su posición de reposo.

Puede ser un contacto normalmente abierto en reposo NA o NO (Normally Open en Inglés), o con un contacto normalmente cerrado en reposo NC.

1.11.1.4. Selector.

Es un dispositivo que permite elegir y efectuar un cierto número de accionamientos preestablecidos, está conformado por ranuras dentro de las cuales se mueve la palanca para realizar cambios según la necesidad.

El interruptor selector su función es abrir y cerrar un contacto ya sea normalmente abierto o normalmente cerrado según su aplicación eléctrica en un circuito, por lo regular para ponerse en una operación en automático o en manual consta de sus contactos eléctricos normal abierto o normal cerrado según su aplicación.

1.11.1.5. Fusibles.

Se denomina fusible a un dispositivo, constituido por un soporte adecuado, un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por Efecto Joule, cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga.

CAPITULO II

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La Universidad Técnica de Cotopaxi a través de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Carrera de Ingeniería en Electromecánica posee un gran potencial de contribuir con la sociedad Cotopaxense como también a nivel nacional. Por ello en la Carrera de Ingeniería Electromecánica entre otros se ha planteado la implementación de un sistema solar fotovoltaico para un sistema de riego.

En la Universidad la investigación con respecto a nuevas formas de obtención de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de energías renovables aún no alcanza un nivel satisfactorio, por lo que se está empezando incentivar este tipo de proyectos con mejoras a la preservación del Ambiente.

El presente Capítulo está integrado por los métodos aplicados para reconocer que la investigación es un aporte para la solución de un problema como es un sistema de riego para los espacios verdes en el Campus San Felipe de la Universidad Técnica de Cotopaxi y se espera confirmar la Hipótesis de trabajo. Determinar el Diseño e Implementación de un Sistema Solar Fotovoltaico para un Sistema de Riego Automático por Aspersión para los espacios verdes del Campus San Felipe de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.1. LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN SUS INICIOS

La Universidad Técnica de Cotopaxi, se crea con la necesidad de contar con un centro de estudios de tercer nivel superior, con los cuales se pueda satisfacer las expectativas de la juventud estudiosa de la Provincia de Cotopaxi.

En la Provincia de Cotopaxi el anhelado sueño de tener una Institución Educativa Superior se alcanza el 24 de enero de al año de 1995. Las fuerzas vivas de la provincia lo hacen posible, después de innumerables gestiones y teniendo como antecedente la Extensión que creó la Universidad Técnica del Norte.

FIGURA 2.1 LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fuente: (UTC, s.f.) <http://www.utc.edu.ec/> Fecha 12/11/2014 Hora 09:00 am

En estos 20 años de vida institucional la madurez ha logrado ese crisol emancipador y de lucha en bien de la colectividad, en especial de la más apartada y urgida en atender sus necesidades.

Actualmente dentro de su oferta Académica se encuentra formando profesionales en distintas especialidades como en Ingenierías: Electromecánica, Eléctrica, Industrial, Diseño Gráfico y Sistemas Computacionales, etc. El nuevo reto institucional cuenta con el compromiso constante de sus autoridades hacia la calidad y excelencia educativa.

La Universidad Técnica de Cotopaxi a través de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas dentro del campo electromecánico contribuye con el Diseño e Implementación de fuentes de energías renovables, contribuyendo con el medio Ambiente.

2.1.1. Misión

La Universidad "Técnica de Cotopaxi", es pionera en desarrollar una educación para la emancipación; forma profesionales humanistas y de calidad; con elevado nivel académico, científico y tecnológico; sobre la base de principios de solidaridad, justicia, equidad y libertad, genera y difunde el conocimiento, la ciencia, el arte y la cultura a través de la investigación científica; y se vincula con la sociedad para contribuir a la transformación social-económica del país.

2.1.2. Visión

En el año 2015 seremos una universidad acreditada y líder a nivel nacional en la formación integral de profesionales críticos, solidarios y comprometidos en el cambio social; en la ejecución de proyectos de investigación que aporten a la solución de los problemas de la región y del país, en un marco de alianzas estratégicas nacionales e internacionales; dotada de infraestructura física y tecnología moderna, de una planta docente y administrativa de excelencia; que mediante un sistema integral de gestión le permite garantizar la calidad de sus proyectos y alcanzar reconocimiento social.

2.2. DISEÑO METODOLÓGICO

2.2.1. Métodos de la Investigación

2.2.1.1. Método Inductivo.

Según (Maya, 2014) “Es el razonamiento mediante el cual, a partir del análisis de hechos singulares, se pretende llegar a leyes.”

El método inductivo nos permitió diseñar o implementar las partes de un sistema de riego automático mediante la utilización de energía solar fotovoltaica, teniendo en cuenta que en este método hay que considerar las partes más pequeñas hasta un todo del sistema y a su vez permite elaborar la hipótesis para la investigación y su comprobación.

2.2.1.2. Método Deductivo.

Según (Maya, 2014) “Es una forma de razonamiento que parte de una verdad universal para obtener conclusiones particulares.”

El método deductivo se manejará los principios descubiertos a casos particulares como es la implementación del sistema de riego automático por medio de un sistema solar fotovoltaico para dar un análisis sobre las variables que se van a manipular al momento del diseño y su construcción.

2.2.1.3. Método Descriptivo.

Según (CERVERA, 2003) “Consiste en realizar una exposición narrativa, numérica y/o gráfica, lo más detallada y exhaustiva posible de la realidad que se investiga”.

Se utilizó este método para realizar la descripción de la implementación de un sistema de riego automático mediante la energía solar para mejorar el cuidado de las áreas verdes en la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus San Felipe.

2.2.2. Tipos de la Investigación

2.2.2.1. Investigación Aplicada.

Según (Rivera, 2008) “Es el estudio y aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías.”

Este tipo de investigación permitió poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en el periodo estudiantil, para el beneficio de la sociedad mediante la implementación de un sistema que ratifica la utilización de recursos renovables en bien de la comunidad educativa y en favor a la sociedad.

2.2.2.2. Investigación De Campo.

(Rivera, 2008) “Este tipo de investigación se apoya en informaciones que provienen entre otras, de entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones.”

Este tipo de investigación permitió el estudio sistemático de los hechos en el lugar en que se producen los acontecimientos. Este tipo de investigación relaciona la forma directa con la realidad, para obtener información de acuerdo con los objetivos del proyecto dando relevancia al estudio de energías alternativas y la utilización de las mismas para un objetivo en el que se solucionen problemas que influyen directamente al lugar de los hechos.

2.2.3. Técnicas de Investigación

2.2.3.1. Observación.

(Paz, 2000) “La observación permite recoger directamente los datos que se requieran para la investigación; sin embargo, no es el único elemento para este propósito, pues hay también, la entrevista, el cuestionario, el sociograma, los test, etc.”

Se ha propuesto utilizar esta técnica ya que ayudo a observar de manera directa el área de investigación en la Universidad Técnica de Cotopaxi. De este modo se podrá apreciar la problemática que se da al inicio del proceso investigativo en donde

permite determinar y encaminar la investigación hacia el bien de la comunidad universitaria enfocándose en la utilización de energías limpias y renovables.

2.2.3.2. Encuesta.

Según (Rada, 2001) “La encuesta es una búsqueda sistemática de información en la que el investigador pregunta los investigados sobre los datos que desea obtener, y posteriormente reúne estos datos individuales para obtener durante la evaluación de datos agregados.”

La encuesta es el método de investigación permitirá adquirir información de un grupo de personas el cual servirá para conocer las distintas opiniones que tienen sobre el uso de las energías alternativas. La obtención de esta información se realiza mediante la aplicación de un cuestionario estandarizado con preguntas cerradas.

2.2.3.3. Lectura Científica.

Según (Martinez, 2009) “Consiste en demostrar teorías, argumentar hipótesis, interpretar, describir, clasificar y explicar los fenómenos de la realidad objetiva y transmitir conocimientos.”

La lectura científica es un técnica de la investigación basa en la comprensión de temas o hechos científicos comprobados, esto se utilizará para realizar una hipótesis sobre el funcionamiento de la implementación del proyecto, depurando la información y delimitando la estructura de las bases teóricas que se aplicarán a la investigación

2.3. CÁLCULO DE LA POBLACIÓN Y MUESTRA

La población y muestra delimitada para la investigación se consideró a los estudiantes de octavo ciclo de la carrera de ingeniería en electromecánica, autoridades, personal de mantenimiento de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con un total de población de 28 personas.

TABLA 2. 1 POBLACIÓN Y MUESTRA

INVOLUCRADOS	POBLACIÓN	
AUTORIDADES	Rector	1
	Vicerrector	1
	Director Académico	1
	Director Financiero	1
	Director de Postgrados	1
Estudiantes de 8vo Electromecánica	17	
Docentes	4	
Personal de Mantenimiento	2	
TOTAL	28	

Fuente: Grupo Investigador

2.4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Aplicando los instrumentos de investigación de campo a las autoridades, compañeros estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, y personal de mantenimiento de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se procedió a realizar el análisis correspondiente a cada ítem por lo que esta información permitió establecer conclusiones importantes a las que llegó el estudio y muestra la apreciación que poseen los estudiantes respecto al diseño e implementación de un sistema de energía solar para el riego automático de los espacios verdes del Campus San Felipe de La Universidad Técnica de Cotopaxi.

Cabe destacar que la interpretación de los resultados obtenidos pertenecen a fuentes directas y verídicas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ya que se utilizó la técnica de la encuesta con el cuestionario como instrumento lo que permitió realizar el análisis de cada ítem de forma cuantitativa y cualitativa.

A continuación se presenta una tabla con los resultados obtenidos en cada una de las preguntas realizadas, luego un gráfico en el cual se puede observar claramente el porcentaje de las respuestas y el análisis realizado.

1. ¿Conoce usted que en la Universidad existen Proyectos de Energías Alternativas?

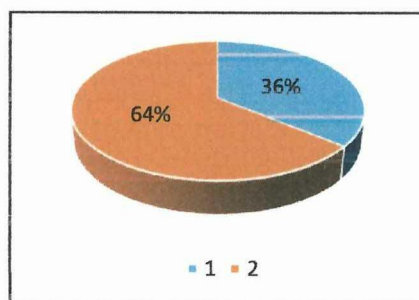
TABLA 2. 2 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 1

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE %
SI	10	36
NO	18	64
TOTAL	28	100

Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal de Mantenimiento UTC

Elaborado por: Calero Calero Stalyn R, Martínez Landeta Néstor S

GRÁFICO 2.1 PROYECTOS DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS



Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Calero Calero Stalyn R, Martínez Landeta Néstor S

Análisis

Como se puede observar el gráfico 2.1 del 100% de la población encuestada, el 18 equivalente al 64%, manifiestan que no conocen que existen proyectos de energías alternativas.

2. Cree usted que con el uso de energías alternativas se pueda implementar proyectos en beneficio de la Universidad.

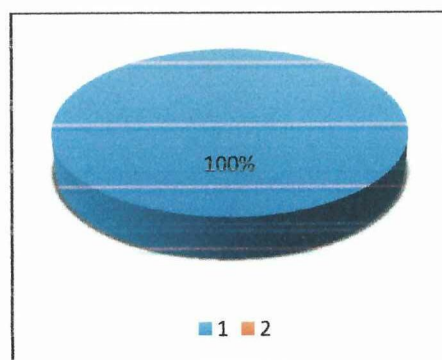
TABLA 2. 3 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 2

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE %
SI	28	100
NO	0	
TOTAL	28	100

Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Calero Calero Stalyn R, Martínez Landeta Néstor S

GRÁFICO 2.2 USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS



Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Calero Calero Stalyn R, Martínez Landeta Néstor S

Análisis

Como se puede observar el gráfico 2.2 del 100% de la población encuestada, el 28 equivalente al 100% manifiestan que con el uso de energías alternativas si se puede implementar proyectos en beneficio de la Universidad.

3. ¿Conoce usted que en los espacios verdes de la Universidad se realice un riego por aspersión?

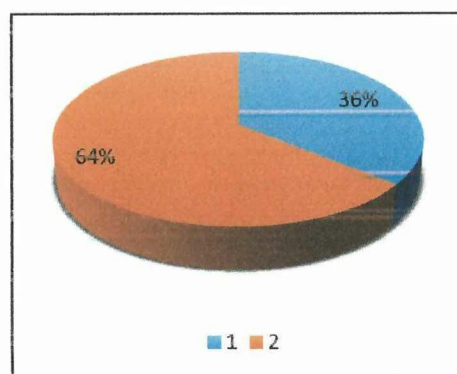
TABLA 2. 4 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 3

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE %
SI	10	36
NO	18	64
TOTAL	28	100

Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Calero Calero Stalyn R, Martínez Landeta Néstor S

GRÁFICO 2.3 RIEGO POR ASPERSIÓN



Fuente: Estudiantes, Docentes, Personal Administrativo y Mantenimiento UTC

Elaborado por: Grupo de Investigación

Análisis

Como se puede observar el gráfico 2.3 del 100% de la población encuestada, el 18 equivalente a un 64% manifiestan que no existe un riego por aspersión en las áreas verdes.

4. ¿Conoce usted si en la Universidad existan proyectos para mejorar sus instalaciones utilizando energía solar?

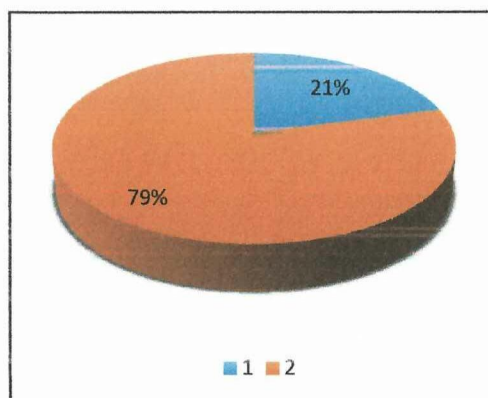
TABLA 2. 5 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 4

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE %
SI	6	21
NO	22	79
TOTAL	28	100

Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Grupo de Investigación

GRÁFICO 2.4 PROYECTOS PARA MEJORAR SUS INSTALACIONES UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR



Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Grupo de Investigación

Análisis

Como se puede observar el gráfico 2.4 del 100% de la población encuestada, el 22 equivalente a un 79% que no conocen si hay proyectos utilizando energía solar para mejorar sus instalaciones en la universidad.

5. ¿Cree usted que al automatizar un sistema de riego por aspersión para los espacios verdes mediante energía solar se optimice el líquido vital?

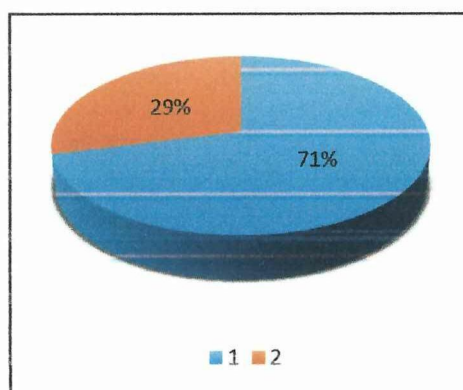
TABLA 2. 6 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 5

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE %
SI	20	71
NO	8	29
TOTAL	28	100

Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Grupo de Investigación

GRÁFICO 2.5 SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO OPTIMIZARÁ EL LIQUIDO VITAL.



Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Grupo de Investigación

Análisis

Como se puede observar el gráfico 2.5 del 100% de la población encuestada, el 20 equivalente al 71% manifiestan que si se optimizaría el líquido vital a través de una automatización del sistema de riego.

6. ¿Cree usted que al implementar un sistema de energía solar minimizará el consumo de energía convencional?

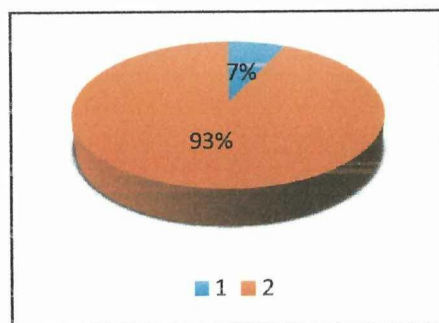
TABLA 2. 7 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 6

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE %
SI	2	7
NO	26	93
TOTAL	28	100

Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Grupo de Investigación

GRÁFICO 2.6 CAPACITADO PARA MANIOBRAR UN SISTEMA AUTOMATIZADO



Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Grupo de Investigación

Análisis

Como se puede observar el gráfico 2.6 del 100% de la población encuestada, el 26 equivalente a un 93%, manifiestan que no minimizará el consumo de energía convencional

De acuerdo a estos resultados se puede mencionar que el riego que realizan hoy por hoy no necesita energía convencional esto debido a que utilizan una bomba peristáltica que aprovecha el caudal del río para regar.

7. ¿Conoce usted si en la Universidad se realiza un estudio de radiación solar para futuras aplicaciones?

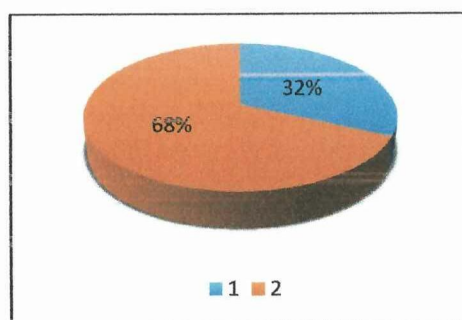
TABLA 2. 8 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 7

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE %
SI	9	32
NO	19	68
TOTAL	28	100

Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Grupo de Investigación

GRÁFICO 2.7 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 7



Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Grupo de Investigación

Análisis

Como se puede observar el gráfico 2.7 del 100% de la población encuestada, el 19 equivalente a un 68%, manifiestan que no conocen si se realiza un estudio de radiación solar para futuras aplicaciones.

8. ¿Cree usted que la implementación de un sistema solar fotovoltaico como fuente de energía automatizará un sistema de riego por aspersión para los espacios verdes del campus San Felipe de la UTC?

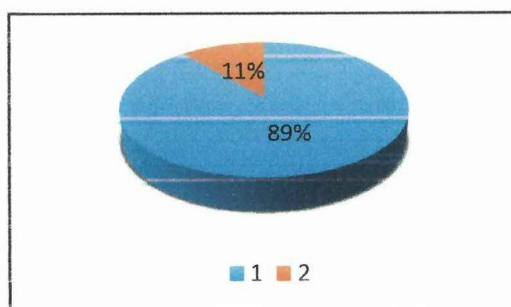
TABLA 2. 9 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 8

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE %
SI	25	89
NO	3	11
TOTAL	28	100

Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Grupo de Investigación

GRÁFICO 2.8 IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA RIEGO AUTOMÁTICO POR ASPERSIÓN



Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Grupo de Investigación

Análisis

Como se puede observar el gráfico 2.8 del 100% de la población encuestada, el 25 equivalente al 89%, manifiestan que con la implementación de un sistema solar fotovoltaico como fuente de energía si automatizará un sistema de riego automático por aspersión para los espacios verdes del Campus San Felipe de la Universidad.

9 ¿Cree usted que la Universidad debería impulsar proyectos de energías renovables como alternativa al uso de la energía convencional?

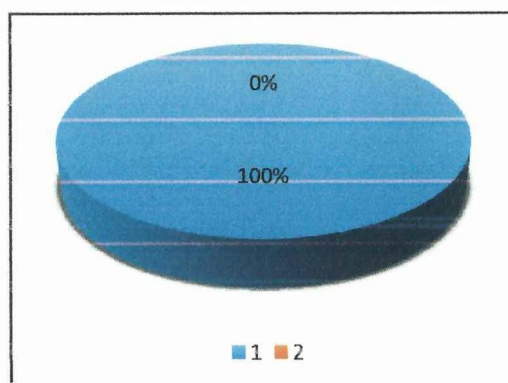
TABLA 2. 10 10 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 9

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE %
SI	28	100
NO	0	0
TOTAL	28	100

Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Grupo de Investigación

**GRÁFICO 2.9 USO DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA
MINIMIZAR EL CONSUMO DE ENERGÍA CONVENCIONAL**



Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Grupo de Investigación

Análisis

Como se puede observar el gráfico 2.9 del 100% de la población encuestada, el 28 equivalente al 100%, manifiesta si la Universidad debería impulsar proyectos de energías renovables.

10. ¿Está usted de acuerdo que se implemente un sistema solar fotovoltaico, para un sistema de riego automático por aspersión para el cuidado de las áreas verdes de la Universidad Técnica de Cotopaxi?

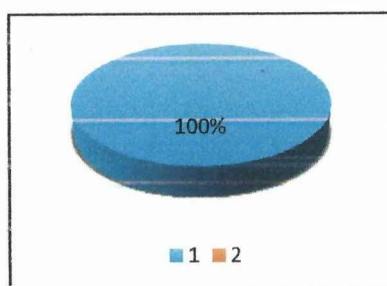
TABLA 2. 11 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 10

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE %
SI	28	100
NO	0	
TOTAL	28	100

Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Grupo de Investigación

GRÁFICO 2.10 IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO A UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMÁTICO POR ASPERSIÓN PARA LA UTC



Fuente: Estudiantes, Docentes, Autoridades y Personal Mantenimiento UTC

Elaborado por: Grupo de Investigación

Análisis

Como se puede observar el gráfico 2.10 del 100% de la población encuestada, el 28 equivalente al 100%, manifiesta que si están de acuerdo con la propuesta.

De acuerdo a estos resultados se puede mencionar que es de gran necesidad de diseñar e implementar un sistema fotovoltaico para un sistema de riego automático por aspersión para los espacios verdes del Campus San Felipe de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.5. ANÁLISIS Y DATOS ADQUIRIDOS POR EL PIRÓMETRO

Para analizar los datos adquiridos de radiación promedia se toma como referencia la siguiente tabla 2.12 que indica los valores promedios de radiación.

TABLA 2. 12 TABLA DE RADIACIÓN PROMEDIA

DÍA	FECHA	TOTAL		HORAS PICO SOLAR	RADIACIÓN PROMEDIO HSP/(1000W/M2)
		Potencia de 1 hora	Promedio de 1 hora		
1	18/10/2013	896,24	298,75	2,98	372,5
2	19/10/2013	755,9972	251,9988	2,51	358,5714
3	25/10/2013	1053,00419	341,0012	3,51	438,75
SUMA TOTAL		2705,24139	891,75	9	1169,8214
PROMEDIO GENERAL		901,74713	297,25	3	389,9404667

Fuente: Grupo de investigación

De acuerdo a los datos expuestos en la tabla 2.12 se puede observar que el promedio total de la potencia de 1 hora que posee el sistema es de $901,74713 \text{ W/m}^2$, por otra parte el promedio de 1 hora es de $297,25 \text{ W/m}^2$, así como el promedio general de los tres días de las horas picos solares es de 3HPS y con un promedio general de radiación es de $389,9404667 \text{ W/m}^2$, lo cual que esto significa que nos permitió implementar un sistema solar fotovoltaico con una potencia de 420W, así como también se implementó un motor de 1/2 hp con una potencia de 370W a plena carga, posterior a ello se diseñó la automatización con temporizadores que está a la vez no consumen más de 1 A (amperio).

El valor promedio de radiación por día que se obtuvo mediante la medición fue realizada directamente en sitio, donde se implementó el mencionado proyecto.

Con el promedio de radiación solar se pudo llegar a determinar que el panel alcanza a una eficiencia de un rango de 16% - 18%.

2.6. ANÁLISIS INICIAL DE ASPECTO ECONÓMICO

La decisión de implementar un sistema solar para automatizar un sistema de riego por aspersión, depende en gran medida del costo del sistema y de los beneficios económicos que se esperan.

Los sistemas solares tienen un alto costo inicial comparado con otro sistema de energía, sin embargo no necesitan de combustible y requieren menos mantenimiento y la intervención del operador.

Un factor muy importante se ha considerado es la elección de componentes para la opción elegida, es el tipo de equipos que se utilizan. Por ejemplo los dispositivos de control automático son de baja corriente que no supera el 1 A (Amperio). Los componentes eficientes pueden reducir el tamaño requerido y por consiguiente, el costo del sistema.

Tomando en cuenta estas características propias del sistema solar, el costo a largo plazo debe usarse para determinar el sistema si es económicamente viable.

Este capítulo se pretende dar una aproximación del costo real que significaría instalar este tipo de sistema en la zona de estudio, y si esta opción elegida es viable en el tiempo. Además, de una comparación con un sistema convencional versus el sistema de riego automatizado mediante energía solar seleccionado.

2.6.1. Costo.

El mérito Económico asociado a los sistemas solares, debe ser evaluado y analizando una serie de factores como lo es el precio de la energía producida con un sistema convencional (energía hidroeléctrica)

2.6.1.1. Costo de inversión inicial

La inversión inicial, o costo capital del sistema de riego automático mediante energía solar está compuesto por 7 elementos principales:

- Paneles fotovoltaicos
- Regulador de Carga
- Inversor
- Batería

- Automatización
- Bomba de riego
- Otros Accesorios

Este es un pago único que se hace al comienzo del proyecto.

2.6.1.2. Costo de Operación y mantenimiento.

Como se ha señalado anteriormente, en general este tipo de sistema de riego automatizado mediante energía solar demandan muy pocos gastos de operación y mantenimiento, reduciéndose a trabajos de inspección periódica de acuerdo con el tipo de componente en cuestión. El costo debido a este rubro es difícil de estimar, como sugerencia 10.00 \$ USD más el 0,02 \$ USD/Wp al año.

Costo de instalación los costos de instalación en lo que se refiere a instalaciones eléctrica, están basados principalmente en el proceso de instalación de paneles solares, regulador, inversor, batería bomba de riego, automatización respectivamente.

Específicamente el costo de instalación de una bomba de riego en la mayoría de los proyectos similares, incluyendo los paneles solares es un 7% del costo de inversión total del sistema.

2.7. ANÁLISIS INICIAL DE CONSUMO DE ENERGÍA

Para el análisis se mide el consumo de energía con las siguientes características que muestra la tabla 2.13.

TABLA 2. 13 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS INSTALADOS

MOTOR ½ HP	370 W
POTENCIA INSTALADA	420 W
SISTEMA AUTOMÁTICO	1 A
INVERSOR	1000 W
CONTROLADOR	30 A
BATERÍA 10H /100AH	100AH
CARGA DE ENCENDIDO	4 HORAS / 1,5 Kw/h

Calculamos el consumo de energía de la bomba con la potencia instalada siendo:

$$370W \times 4h = 1.5Kw/h$$

$$1.5kW/h \times 30 \text{ días} = 45 \text{ kW/h}$$

$$45 \text{ kW/h} \times 9.33c = 419.85 \text{ centavos}$$

El costo del kw/h según el CONELEC indica que la tarifa eléctrica está en 0.04 centavos de dólar, este valor viene subsidiado por el Estado Ecuatoriano. El costo promedio de la energía eléctrica comercial está en 9,33 centavos de dólar.

El sistema de energía solar permite un autoconsumo de 4.19 dólares al mes por lo que se considera rentable para implementar en beneficio de la Universidad.

Con respecto a la inversión empleada para llevar a cabo este proyecto se considera que no es rentable implementar, misma que los datos y beneficios no se verán a corto plazo, este tipo de energías alternativas vienen proyectadas como mínimo 10 años para ver resultados satisfactorios.

Sin embargo se procede a realizar la propuesta planteada ya que el Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, aprobado en sesión de 24 de junio del 2013 mediante resolución No CNP-002-2013 señala en su objetivo número 11 lo siguiente:

11.1 Reestructurar la matriz energética bajo criterios de transformación de la matriz productiva, inclusión, calidad, soberanía energética y sustentabilidad, con incremento de la participación de energía renovable.

2.8. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

2.8.1. Planteamiento de la Hipótesis

Para realizar el presente trabajo investigativo se planteó las siguientes hipótesis:

HIPÓTESIS

Hipótesis planteada: Si se realiza un estudio de potencial de radiación solar entonces se podrá implementar un sistema de riego automático para los espacios verdes del campus san Felipe de la Universidad Técnica de Cotopaxi

2.8.2. Comprobación de la Hipótesis

1. Se realizó un estudio de radiación solar el cual se obtiene como valor promedio de radiación 800W/m^2 , lo cual permitió implementar un sistema de riego mediante energía solar.
2. La eficiencia del panel solar de silicio policristalino está dentro del rango de un 16% a 18%, lo cual a través del estudio realizado se pudo observar que el panel alcanza con una potencia de 128W/m^2 captando la mayor radiación posible.
3. De esta manera se logró implementar un sistema fotovoltaico como fuente de energía garantizando un riego automático que alcanza una presión de 15 PSI y un radio de 12 metros.

Nota: De esta manera queda comprobada la hipótesis con la implementación de este sistema solar fotovoltaico como fuente de energía se logró automatizar un sistema de riego automático para los espacios verdes del campus san Felipe de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

CAPITULO III

PROPUESTA

Implementación de una fuente de generación eléctrica usando paneles fotovoltaicos para mejorar el riego en los espacios verdes del Campus San Felipe de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

3.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En el presente capítulo se realiza la descripción de un sistema de riego por aspersión automatizado, utilizando como fuente de energía un sistema solar fotovoltaico para implementarlo en el jardín del campus universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi, que servirá para el cuidado y preservación del área verde del campus universitario.

Además la propuesta es interesante porque permite optimizar recursos tales como la dosificación del riego y la automatización que va de la mano con la innovación tecnológica en el que se da a conocer la importancia de las energías alternativas para implementarlo en sistema de riego automático por aspersión que será instalado en el jardín del campus universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el periodo 2014.

3.1.1. Justificación de la Propuesta

Mediante el diseño e implementación de un sistema de energía solar para el riego automático de los espacios verdes del Campus San Felipe de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el periodo 2014, es necesario llevarlo a cabo, debido a que la

presente investigación ayudara a aplicar los conocimientos sobre la eficiencia energética con implementación de aparatos electrónicos que permitan disminuir el exceso de consumo de energía, utilizando por ejemplo la generación fotovoltaica basado en un sistemas que permitan convertirla la radiación solar en energía eléctrica.

Como estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica uno de los motivos para el desarrollo de esta investigación es fomentar el uso de nuevas técnicas para la obtención de energía eléctrica aplicada a un sistema de riego automático.

Dicho proyecto beneficiara directamente a la Universidad en general y a sus estudiantes por la implementación de un sistema de riego alimentado por energía solar, para la conservación de los espacios verdes y de sus jardines.

Esta investigación se realiza con el objetivo de utilizar de mejor manera el líquido vital y poner en práctica los conocimientos de una forma profesional mediante el diseño y la implementación de un sistema de riego alimentado por células fotovoltaicas.

El proyecto es factible, pues se emplea recursos renovables amigables con el ambiente para el diseño y construcción. En beneficio de la Universidad y colectividad.

3.2. OBJETIVOS

3.2.1. Objetivo General

Realizar un estudio técnico - económico e implementar un sistema de energía solar para el riego automático de las áreas verdes del campus San Felipe de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

3.2.2. Objetivos Específicos

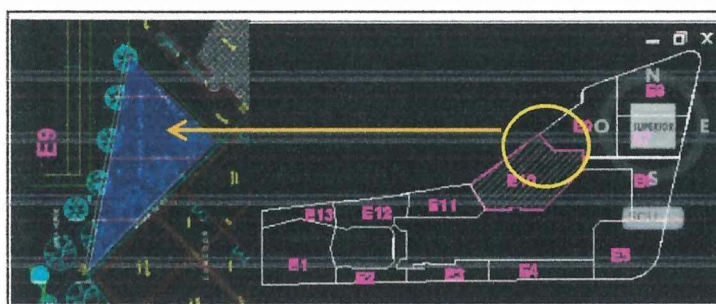
1. Diseñar el sistema de energía solar que permitirá el riego automático en los espacios verdes del Campus San Felipe mediante el estudio técnico realizado.

2. Mediante los datos obtenidos de medición de radiación implementar los paneles solares fotovoltaicos adecuados con el fin de garantizar la alimentación adecuada al sistema automático de riego.
3. Diseñar el sistema automático mediante dispositivos programables de control para aplicar al sistema de riego.

3.3. DESARROLLO TÉCNICO DE LA PROPUESTA

Se realiza los cálculos del área, aspersores, bomba y panel fotovoltaico por diferentes métodos aplicando normas establecidas vigentes en nuestro país así como la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) entre otras, de tal forma que se aplica para el espacio de la figura 3.1

FIGURA 3.1 DIMENSIONES DEL ÁREA VERDE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fuente: Grupo de Investigación

Para el cálculo del área de ejecución de la propuesta se tomaron en cuenta los siguientes datos con una escala de reducción de 10 a 1:

a: 1.97m

b: 0.91m

Aplicando la ecuación 1.1 se calcula el área de un triángulo teniendo dos lados (ecuación 1.1)

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \text{Ecuación 1.1}$$

$$c = \sqrt{(1.97)^2 + (0.91)^2}$$

$$c = \sqrt{(3.8809) + (0.8281)}$$

$$c = \sqrt{(4.709)}$$

$$c = 2.170m$$

Respuesta 1.1

Aplicando la ecuación 1.2 se calcula el semiperímetro

$$s = \frac{a+b+c}{2}$$

Ecuación 1.2

$$s = \frac{1.97 + 0.91 + 2.17}{2}$$

$$s = \frac{5.05}{2}$$

$$s = 2.525m$$

Respuesta 1.3

Una vez obtenido el semiperímetro procedemos a calcular el área, aplicando la ecuación 1.3

$$a = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

Ecuación 1.3

$$a = \sqrt{2.525(2.525 - 1.97)(2.525 - 0.910)(2.525 - 2.170)}$$

$$a = \sqrt{2.525(0.555)(1.615)(0.355)}$$

$$a = \sqrt{0.8034433}$$

$$a = 0.8963m^2$$

Respuesta 1.4

El área total de riego en el área verde de la Universidad Técnica de Cotopaxi, es de 0.8963 m^2 multiplicado por la estala de 10 el radio real de riego es de 8m^2 .

3.4. DEMANDA REQUERIDA POR EL SISTEMA DE BOMBEO

Los datos y condiciones para el diseño del sistema de bombeo se contemplan:

- Altura de succión es 0 m.
- Altura de descarga es 0.5 m
- Longitud de tubería de 15 m

Aplicando la ecuación 1.21 el caudal requerido es:

$$V = Axh \quad \text{Ecuación 1.21}$$

$$V = 0.8963 \text{ m}^2 \times 0.5\text{m}$$

$$V = 0.44815 \text{ m}^3 \quad \text{Respuesta 1.21}$$

Para el riego del área verde vamos a necesitar un volumen de 0.44815 m^3 .

El agua que se ha considerado presenta las siguientes características:

- Temperatura promedio del fluido es 20°C
- Con un peso específico de 9.79 kN/m^3
- Una densidad de 998 kg/m^3
- La viscosidad dinámica $1.02 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
- La viscosidad cinemática $1.02 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Características de los accesorios del Sistema de Bombeo:

- La rugosidad de la tubería es de $4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$
- Las tuberías son flexibles,
- Tubería de succión $\frac{1}{2}$ "

- Tubería de descarga ½ ”

Los accesorios que se van a emplear en el diseño del sistema de bombeo son:

- Válvula de bola ½” en la línea de succión.
- Cabezal 90° en línea de descarga

3.4.1. SELECCIÓN DE LOS ASPERSORES

Para la selección de los aspersores o difusores se toma en cuenta el área a regar, por la potencia de la bomba.

3.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO

La eficiencia de la bomba será del 90%

$$e_M = \frac{\text{Potencia transmitida al fluido}}{\text{Potencia de entrada a la bomba}}$$

$$\text{Potencia de entrada a la bomba} = \frac{\text{Potencia transmitida al fluido}}{e_M}$$

$$\text{Potencia de entrada a la bomba} = \frac{370 \text{ W}}{0.90}$$

$$\text{Potencia de entrada a la bomba} = 411 \text{ W}$$

Para el sistema de Bombeo vamos a trabajar con una motobomba monofásica, para cubrir la demanda requerida de 370W, el cual es equivalente a 0.5 Hp.

Datos de la Motobomba:

- Voltaje: 120 V
- Fases: 2 φ
- Frecuencia: 60 HZ

3.6. CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL PANEL SOLAR

Para la selección del panel tomamos en cuenta la radiación mediada en el Campus San Felipe de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en la cual se detalla con más específicamente en el Anexo 6.

DATOS DE VOLTAJE, CORRIENTE Y LA RADIACIÓN PROMEDIO						
HORAS	TEMPERATURA		MEDIDAS		P(WATIOS)	TOTAL POTENCIA DE 1 HORA
	MÁXIMO	MÍNIMO	I (AMPERIO)	V (VOLTIO)		
9:H00	23,5 °C	8,5 °C	2,14	12,46	26,66	111,71
9:H30	23,5 °C	8,5 °C	2,32	12,52	29,04	
10:H00	23,5 °C	8,5 °C	4,41	12,7	56	134,68
10:H30	23,5 °C	8,5 °C	2,82	12,3	34,68	
11:H00	23,5 °C	8,5 °C	3,45	12,75	43,98	119,5
11:H30	23,5 °C	8,5 °C	2,27	12,43	28,21	
12:H00	23,5 °C	8,5 °C	3,65	12,96	47,3	134,48
12:H30	23,5 °C	8,5 °C	2,91	12,19	35,47	
13:H00	23,5 °C	8,5 °C	4,11	12,58	51,7	144,71
13:H30	23,5 °C	8,5 °C	4,81	12,44	59,83	
14:H00	23,5 °C	8,5 °C	2,61	12,71	33,17	124,18
14:H30	23,5 °C	8,5 °C	2,87	12,34	35,41	
15:H00	23,5 °C	8,5 °C	4,28	12,99	55,59	90,07
15:H30	23,5 °C	8,5 °C	1,61	12,59	20,26	
16:H00	23,5 °C	8,5 °C	1,13	12,57	14,2	36,91
16:H30	23,5 °C	8,5 °C	0,98	12,25	12,05	
17:H00	23,5 °C	8,5 °C	0,85	12,59	17,7	
TOTAL						896,24

Fuente: Néstor Yanchaguano. Instalación de una fuente de generación eléctrica usando un panel fotovoltaico para mejorar la iluminación del área verde la UTC. 2014.

Si tómanos en cuenta la eficiencia del panel solar descrita en la Pag. 22

$$800W \times 0.16 = 128 W/m^2$$

Para el aprovechamiento óptimo de la radiación existente se debe realizar la compra de un panel fotovoltaico con las siguientes características.

TABLA 1.2: PLACA DEL FABRICANTE DEL PANEL SOLAR SIMAX

Modelo	SP636-140
Rated Maximun Power (Pm)	140w
Tolerance	0~+3%
Voltage at Pmax (Vmp)	17.8V
Current at Pmax (Imp)	7.87A.
Open-Circuit Voltage (Voc)	21.8V
Short-Circuit Current (Isc)	8,56V
Nominal Operating Cell Temp (NOCT)	47±2°C
Maximum Series Fuse Rating	10A
Operating Temparture	-40°C+85°C
Application Class	A
Cell Technology	POLY-Si
Weight	12kg
Dimensions (mm)	1476x676x35

Fuente: www.proviento.com
 Fecha 01/02/2015 Hora 09:00am

3.7. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BATERÍA DE ALMACENAMIENTO

Para determinar el tamaño de la batería aplicamos la siguiente ecuación 1.11

$$Tamaño = \frac{(AUT \times Ed)}{REND \times DESC} \quad \text{Ecuación (1.11)}$$

$$Tamaño = \frac{1 \times 0,1}{0,90 \times 0,55}$$

$$Tamaño = 0,50$$

$$\text{Tamaño} = 0,50\text{KWh}$$

$$\text{Tamaño} = 500\text{Wh}$$

Respuesta 1.11

Para determinar el número de baterías necesarias en un sistema solar también aplicamos la siguiente ecuación 1.12:

$$\text{Número de baterías} = \frac{\text{Tamaño}}{(\text{Ah} \times \text{V})} \quad \text{Ecuación (1.12)}$$

$$\text{Número de baterías} = \frac{500}{(85 \times 12)}$$

$$\text{Número de baterías} = 1$$

Respuesta 1.12

La Potencia necesaria es de 500W multiplicado por el factor de seguridad que es de 1.5 el resultado es de un acumulador de 750W.

Necesitaríamos realizar la compra de una batería de ciclo profundo con descarga lenta para días nublados y de baja radiación (Ver Anexo 2)

Aplicando la ecuación (1.13) se determina la capacidad del banco de baterías o acumuladores (KAh)

$$C = \frac{E \cdot N}{V \cdot P_d} \quad \text{Ecuación (1.13)}$$

$$C = \frac{200 \cdot 3}{12 \cdot 0,55}$$

$$C = \frac{600}{6,6}$$

$$C = 90\text{AH}$$

Respuesta 1.13

De acuerdo a los cálculos obtenidos y a baterías existentes en el mercado se selecciona una batería de 12V 100A/10HR como muestra el Anexo 2.

3.8. CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL REGULADOR DE CARGA

El regulador controla el voltaje (V) y la corriente (I). En ciertos casos los reguladores también proporcionan las siguientes informaciones: estado de batería en carga, indicación de batería cargada y protección de contra carga excesiva, además también lleva sensores de temperatura para que la carga se desarrolle correctamente. En la tabla 3.1 se indica las características técnicas del controlador.

TABLA 3. 1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONTROLADOR PROSTAR

MODELO	ProStar
Corriente Nominal del Panel Solar	30 A
Corriente Nominal de Carga	30 A
Tensión del Sistema	12/24V
Peso Kg	0,34
Calibre del Cable	6 AWG
Temperatura de funcionamiento	-30°C + 85°C
Autoconsumo	1 mA

Fuente: www.proviento.com.ec Fecha: 17/09/2015 Hora: 10:00 am

El controlador se selecciona según la máxima corriente que pasa por los cables como se muestra en el siguiente ejercicio:

1. Panel – batería: 411 W y Batería de 12V
Panel- batería: 411W/12V
Panel- batería: 34,25 A

2. Batería – Carga: 411W a 120V
 Batería – Carga: 411W/120V
 Batería – Carga: 3.42 A

De acuerdo a los cálculos lo ideal es instalar un controlador que soporte un máximo de 34,25A, pero al contemplar catálogos (Anexo 4) y la corriente de cortocircuito del Panel-batería es de 3.42A se selecciona un controlador de 30A.

3.9. CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL INVERSOR

Para la selección del inversor es necesario tomar en cuenta algunos factores como, la frecuencia, potencia que proporcione el panel y voltaje de alimentación. El inversor seleccionado debe cumplir con las siguientes características:

La potencia de una bomba de 500W

- P máxima es de 500W en 1 hora de funcionamiento
- V in: 12VCD
- V out: 120VCA
- Frecuencia: 60Hz

Con los datos que preceden se selecciona un inversor tipo UPS Powerstar con las siguientes características de la tabla 3.2

TABLA 3. 2 CARACTERÍSTICAS DEL INVERSOR UPS POWER STAR W7

MODELO	Power Star W7
Potencia nom:	1000 W (continua)
Potencia max:	200 W (10 seg)
Voltaje Entrada:	12 VDC (Baterías)
Voltaje Entrada:	120 VAC (Red Eléctrica)
Voltaje Salida:	120 VAC
Eficiencia:	88% Autosensing 60 Hz sinusoidal pura

Fuente: <http://www.proviento.com.ec/Inversores%20Powerstar.pdf>

Se selecciona por diseño un inversor de 1000W tipo UPS ya que por daños o mantenimiento no programados se podría desconectar los paneles solares y el sistema seguiría trabajando sin problemas ver anexo 3.

3.10. CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL CONDUCTOR

Para la selección del conductor se tomara en cuenta la constante de resistividad que posee el cobre, la plata y el aluminio.

Aplicando la ecuación 1.16 (ver pág. 38) calculamos la resistividad para determinar el calibre del conductor:

$$\rho = \frac{1}{\rho} \quad \text{Ecuación 1.16}$$

$$\rho = \frac{1}{(0.01786)}$$

$$\rho = 55.9 \quad \text{Respuesta 1.16}$$

Según la distancia entre elementos, la caída de voltaje recomendada es:

- Panel-regulador: máx. 1.5% y recomendada es 1%
- Regulador-acumulador: máx. 1% y recomendada 0.5%
- Acumulador-inversor: máxima y recomendada 1%
- Acumulador/inversor-cargas: máxima y recomendada 3%

Tomando en cuenta las recomendaciones los elementos del sistema fotovoltaico no se encontraran a una longitud mayor a 1.5m con excepción al panel de generación por motivo de inclinación adecuada.

La máxima corriente que admite el sistema fotovoltaico ya calculada será entre el panel-batería con 11.6 A, por lo tanto:

$$(V_a - V_b)$$

$$(12VCD \times 1.5\%)$$

$$0,18$$

Aplicando la ecuación 1.18 calculamos la sección del conductor.

$$S = \frac{2(1.5 \times 11.6)}{55.9(0.18)} \quad \text{Ecuación 1.18}$$

$$S = \frac{34.8}{10.06}$$

$$S = 3.28 \text{ mm}^2 \quad \text{Respuesta 1.18}$$

El calibre del conductor se selecciona según la tabla 1.4 de capítulo 1.

Según los cálculos realizados y la tabla mencionada el conductor a ser utilizado será de un diámetro de 3.28 mm^2 con un calibre de 12 AWG.

3.11. INCLINACIÓN ADECUADA DE LOS MODULOS FOTOVOLTAICOS

Frente a la opción de emplear un sistema de seguimiento, una solución estática puede resultar suficiente para determinadas aplicaciones. Naturalmente, en este caso la energía colectada no es la máxima posible pero puede resultar aceptable si se da al colector una determinada orientación, la cual se puede variar con ajustes estacionales para conseguir algunas mejoras.

La radiación solar que incide sobre una placa variará con el ángulo que forme la misma con la radiación. La captación de energía solar será máxima cuando la posición de la placa solar sea perpendicular a la radiación.

La inclinación de los rayos del sol respecto a la superficie horizontal es variable a lo largo del año (máxima en verano y mínima en invierno) y por tanto, en aquellas instalaciones cuyos paneles estén fijos, existirá un ángulo de inclinación que

optimizará la colección de energía sobre una base anual. Es decir, conviene buscar el ángulo de inclinación de los paneles respecto al plano horizontal que hace máxima la potencia media anual recibida. En la mayoría de los casos este ángulo coincide con la latitud del lugar de la instalación. Normalmente se suele tomar un ángulo mayor, aproximadamente 15° , en beneficio de una mayor captación durante el invierno, cuando la luminosidad disminuye, a costa de una peor captación en verano, cuando hay una mayor cantidad de luz.

FIGURA 3.2 LATITUD GEOGRÁFICA DE LATACUNGA



Fuente: www.googleearth.com/ec/Latacunga Fecha 01/02/2015 Hora 14:00 pm

Puede ocurrir que la instalación no vaya a usarse todo el año sino sólo en ciertas épocas. Así, si la instalación se va a usar preferentemente en verano conviene que la inclinación del colector sea menor que la latitud del lugar, aproximadamente en 15° .

TABLA 3. 3 ÁNGULOS DE INCLINACIÓN, FUNCIÓN DE LA LATITUD DEL LUGAR

Latitud del lugar	Angulo en Invierno	Angulo en Verano
0 al 5 grados	15 grados	15 grados
15 al 25 grados	Latitud	Latitud
25 al 30 grados	Latitud + 5 grados	Latitud + 5 grados
30 al 35 grados	Latitud + 10 grados	Latitud + 10 grados
35 al 40 grados	Latitud + 15 grados	Latitud + 15 grados
Más de 40 grados	Latitud + 20 grados	Latitud + 20 grados

Fuente: Pareja M. Energía fotovoltaica. Cálculo de una instalación aislada. 2010, pag.90

3.12. COSTO ACTUAL DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y CONVENCIONAL

En la actualidad el CONELEC indicó que la tarifa eléctrica está en 0,04 centavos de dólar, este valor viene subsidiado por el estado Ecuatoriano. El costo promedio de la energía eléctrica comercial está en 9,33 centavos de dólar.

A pesar de beneficios que tienen las energías alternativas, como por ejemplo la reducción de emisión de CO₂. Al comparar el costo de la energía eléctrica convencional con las energías renovables resulta una desventaja ya que por la tecnología que utiliza la producción de energía eléctrica con fuentes de energías renovables resulta muy costosa.

3.12.1. Análisis económico, cálculo del VAN

Mediante el empleo del VAN se suele decidir si un proyecto es factible o no dependiendo de si este es positivo o negativo.

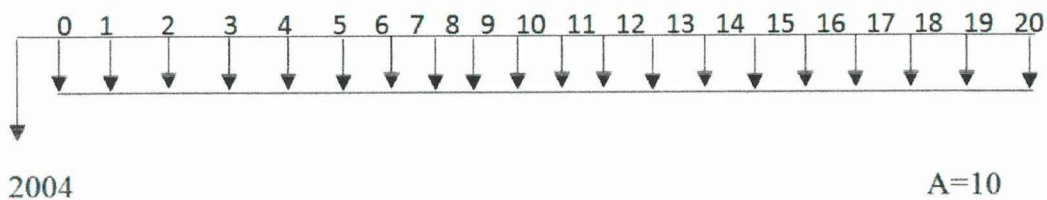
Debido a que no existe ingresos económicos con el proyecto que se plantea ($VAN < 0$), se procede a optar por realizar el análisis económico (comparativo) con el uso de dos alternativas para un sistema de riego automatizado:

- Mediante un sistema de generación eléctrica fotovoltaica.
- Mediante el uso de un sistema eléctrico convencional.

Para determinar las más recomendables es necesario calcular el valor presente neto de cada una de las alternativas expuestas anteriormente, la que posea el mayor valor del VAN, será la seleccionada.

3.12.2. Cálculo del VAN

El flujo neto efectivo es el demostrado a continuación, donde se considera que en gastos de mantenimiento y chequeo anual se emplea \$ 10.00 USD.



El VAN 1 se calcula con la siguiente fórmula:

$$VAN 1 = -P + A \left[\frac{(i + 1)^N - 1}{i(i + 1)^N} \right]$$

$$VAN 1 = -2004 + 10 \left[\frac{(0,254 + 1)^{20} - 1}{0,254(0,254 + 1)^{20}} \right]$$

$$VAN 1 = -2004 + 10 \left[\frac{-0,997}{2,442} \right]$$

$$VAN 1 = -1629,53$$

3.12.3. Análisis del Sistema Convencional

Para realizar el análisis de este sistema se tomara como referencia el mismo tiempo que permanecerá encendido la bomba con el sistema convencional y el sistema fotovoltaico. La potencia será de 175W (consumo de la bomba).

$$P = \frac{E}{t}$$

$$E = P * t$$

Dónde:

E: Energía

P: Potencia

T: Tiempo

$$E_{\text{día}} = 175W * 10h$$

$$E_{\text{día}} = 1.75 \text{ Wh}$$

Costo anual de energía:

$$\text{Costo/Día} = \text{Costo} * E_{\text{día}}$$

$$\text{Costo/Día} = 0.08\text{USD/Wh} * 1.75 \text{ kWh}$$

$$\text{Costo/Día} = 0.14 \text{ USD}$$

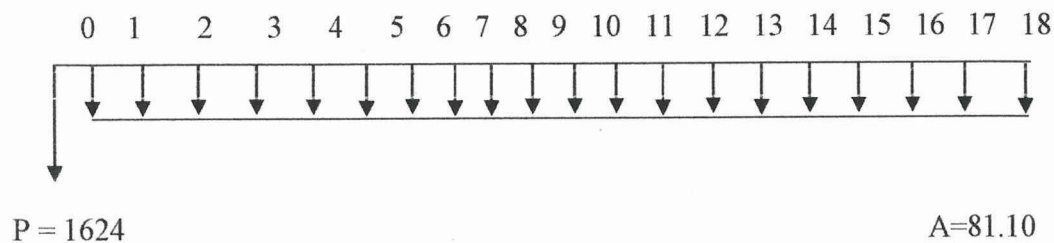
$$\text{Costo/año} = 51.10 \text{ USD}$$

El costo de mantenimiento anual que consta de un chequeo general del sistema fotovoltaico y la verificación de funcionamiento del sistema de riego, va hacer aproximadamente de \$ 30.00 USD.

$$\text{Costo/año} = 30,00 \text{ USD}$$

El costo para la instalación de la estructura y de los elementos de este sistema ya sea entre el sistema fotovoltaico y el sistema de riego es aproximadamente de \$ 1624,00 USD.

Con los datos calculados anteriormente se procede a realizar el diagrama de flujo efectivo y se calcula el VAN2.



$$\text{VAN 2} = -P + A \left[\frac{(i + 1)^N - 1}{i(i + 1)^N} \right]$$

$$\text{VAN 2} = -1624 + 81.10 \left[\frac{(0,254 + 1)^{20} - 1}{0,254(0,254 + 1)^{20}} \right]$$

$$\text{VAN 2} = -1624 + 81.10 \left[\frac{-0.997}{2,442} \right]$$

$$\text{VAN 2} = -1657,11$$

Se tiene que VAN 2 es mayor que VAN 1, por lo tanto no es más factible implementar el proyecto dentro de la Universidad, esto se explica con el argumento de que el sistema de energía convencional al realizar ciertas modificaciones se gasta menos dinero que el sistema fotovoltaico.

Sin embargo desde el punto social y la implementación en lugares donde no llegue el servicio eléctrico es factible por lo cual se procede a realizarlo como un proyecto piloto con repotenciación a futuro.

CONCLUSIONES:

Al finalizar el diseño e implementación del sistema solar fotovoltaico para un sistema de riego automático por aspersión se tiene las siguientes conclusiones:

- Se implementó un sistema de energía solar para el riego automático con una carga de 370W y 120 VAC obteniendo una presión de 15 PSI garantizando el riego en un área de 12m.
- El estudio de medición de radiación solar posee una potencialidad sobre los 800 W/m² lo cual concluye con una implementación de un sistema solar con una potencia de 145 W.
- Mediante la implementación de un sistema solar permite un autoconsumo de 4,19 USD al mes lo cual es de beneficio para la institución.
- La inversión realizada se puede recuperar a mediano plazo y los beneficios se los verá reflejado a largo plazo contemplando que es una energía limpia y no tiene gran impacto ambiental.
- En cuanto a la hipótesis planteada, ésta se cumple satisfactoriamente, puesto a que es posible instalar un sistema de riego automatizado mediante energía solar fotovoltaica, haciendo uso de los paneles fotovoltaicos, ya que la potencia que el sistema requiere para cubrir la necesidad de riego por aspersión es, obtenida por medio de un recurso solar. Siendo una opción para la Universidad cuando éste lo desee para riego lavado u otras aplicaciones.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda medir la radiación en sitio con equipos apropiados durante un año calendario, para disminuir el porcentaje de error con respecto a la obtención de valores medidos.
- Mediante un estudio de las estructuras de los paneles solares se recomienda instalarlos donde no se obstaculice los rayos del sol con el fin de captar la mayor radiación posible al panel.
- Se recomienda también realizar un análisis estadístico de la radiación medida, para diseñar la capacidad en rango de los paneles solares.
- Los equipos que utiliza el sistema de energía solar para el riego automático deben ser instalados en lugares que no haya servicio eléctrico como en montañas o lugares de difícil acceso.
- Capacitar a personal de mantenimiento de la Universidad para que realicen un buen mantenimiento y alarguen la vida útil del sistema.
- Programar entre los usuarios un mantenimiento preventivo a todo el sistema de riego, garantizando así el 100% el funcionamiento y posibles averías.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Implementación: método o técnica que requiere análisis de impacto, optimización e integración las cuales se pueden llevar a cabo dirigidas por un director de proyectos.

Energía Renovable: es aquella que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, esto es por la inmensa cantidad de energía que contienen y porque son capaces de regenerarse por medios naturales

Energía Solar Fotovoltaica: A la energía solar aprovechada por medio de celdas fotoeléctricas, capaces de convertir la luz en un potencial eléctrico, sin que tenga lugar un efecto térmico.

Energía Solar: es la energía radiante producida en el Sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión

Radiación Solar: al conjunto de radiaciones electromagnéticas que son emitidas por el Sol y que van desde el infrarrojo hasta el ultravioleta

HPS: Horas Pico Solar.

Celdas Fotovoltaicas: dispositivo electrónicos que tienen la función de transformar la luz solar directamente en energía eléctrica.

Panel Solar: conjunto de celdas o células solares en una determinada configuración para conseguir un voltaje y una corriente específica.

PMP: Potencia Máxima de un Panel.

VMP: Voltaje Máximo de un Panel.

IMP: Corriente Máxima del Panel.

Inversor: Transforma la corriente continua producida por el campo fotovoltaico en corriente alterna.

Motor Eléctrico: es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas.

Aspersores: son unas toberas provistas de un mecanismo que permite rotar sobre su eje utilizando para esto la fuerza del agua.

Automatización:

Contactador: es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos.

Temporizador: es un dispositivo, con frecuencia programable, que permite medir el tiempo.

Pulsadores: son elementos de accionamiento que sirven para cerrar o abrir un circuito permitiendo el paso o no de la corriente a través de ellos.

Selector: Es un dispositivo que permite elegir y efectuar un cierto número de accionamientos preestablecidos.

Fusible: un dispositivo, constituido por un soporte adecuado.

CONELEC: Corporación Nacional de Electricidad.

IEEE: Instituto De ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍAS CITADAS

- Ambiente, E. R. (s.f.). *Energía Renovables y Ambiente*. Recuperado el 09 de Octubre de 2014, de <http://fuentesrenovables.blogspot.com/2008/11/ciulasfotovoltaicas.html>
- Ana, G. (2012). *Paneles Solares*.
- Andres, Y. L. (2006). *Energía Solar*.
- ARDILA Fátima, C. O. (2011). *Automatización de un sistema de riego en invernadero para la producción de cultivos en el campo experimental*. Manabí.
- Baterías de Sistemas Fotovoltaicos*. (s.f.). Recuperado el 20 de Octubre de 2014, de <http://www.energiasrenovables hoy.net/2011/09/baterias-de-sistemas-fotovoltaicos.html>
- Bombeo fotovoltaico*. (s.f.). Recuperado el 29 de Octubre de 2014, de Esquema de una instalación típica de un sistema FV de bombeo de agua: http://solar.nmsu.edu/wp_guide/bombeo.html
- Bonanza, C. (2010). *EcoPotencia*. Obtenido de Energhia Elèctrica Ecològia: <http://www.ecopotencia.com/incidencia.html>
- BUDYNA, R. G. (2008). *Diseño de Ingeniería Mecánica*. México: Mc. Graw Hill.
- canarias, G. d. (s.f.). *INSTALACIONES DE ENERGÍAS RENOVABLES*. Recuperado el 22 de Octubre de 2014, de INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS: <http://www.gobiernodecanarias.org/industria/guia/FOTOVOLTAICA/Guia%20Fotovoltaica%20Final.html>
- Capacitancia en el MONSFET*. (s.f.). Recuperado el 01 de Noviembre de 2014, de <http://www.geekfactory.mx>
- Características de Corriente -Voltaje de un Modulo Fotovoltaico*. (s.f.). Recuperado el 15 de Octubre de 2014, de http://www1.uprag.edu/uploads/ELEC/Caracteristica__Corriente.pdf
- Celdas Solares*. (03 de Junio de 2007). Obtenido de ¿Que son las celdas solares?: <https://trauko.wordpress.com/2007/06/03/celdas-solares/>
- CERVERA, D. R. (2003). *MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EN RELACIONES INTERNACIONALES*. MADRID.

- Electricidad Gratuita.* (s.f.). Recuperado el 26 de Octubre de 2014, de Dimensiones de los Cables eléctricos para paneles Solares: <http://www.electricidad-gratuita.com/cables-electricos-d5.html>
- Electricidad, C. C. (Agosto de 2008). *ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.* Obtenido de Corporación para la investigación Energetica: http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf
- Energía fotovoltaica.* (s.f.). Recuperado el 02 de Octubre de 2014, de El recurso solar: http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html#top
- Formulas fotovoltaica.* (15 de Junio de 2012). Obtenido de SlideShare: http://es.slideshare.net/fepafu/formulas-fotovoltaica?next_slideshow=2
- GARCIA, M. D. (s.f.). *EL GENERADOR FOTOVOLTAICO.* Recuperado el 18 de Octubre de 2014, de Modulo: Energía Solar Fotovoltaica: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45315/componente45313.pdf
- INDUSTRIALES, I. E. (s.f.). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.* Obtenido de TABLEROS ELECTRICOS: <http://es.scribd.com/doc/16155171/tableros-electricos>
- Ingemécánica. (s.f.). *Filtración, Humidificación.* Obtenido de Cálculo de una Instalación: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn207.html>
- Jardineria.pro tu blog de jardineria.* (s.f.). Recuperado el 01 de Noviembre de 2014, de Filtración, Humidificación: <http://www.jardineria.pro/varios/aspersion-sistema-de-riego/>
- José, Y. (2009). *Energía renovable.*
- Martinez, I. E. (2009). Lectura de texto científico. *Estrategias para perfeccionar comprensión en escolares de quinto grado*, 10.
- Maya, E. (2014). *Métodos y Técnicas de Investigación.* México: 978-97032-5432-3.
- Melesio, U. S. (2006). *Desarrollo de sistema de ahorro en energía en sistemas de desinfección de agua mediante el uso de energía solar.* Puebla - México.
- Mery, M. (2011). *Sistema de Riego por aspersión.*
- Paneles Fotovoltaicos.* (2015). Recuperado el 05 de Octubre de 2014, de PANEL SOLAR FOTOVOLTAICA.
- Paz, H. G. (2000). *INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA* (1° ed.). Quito, Ecuador: Abya- Yala.
- PROViento. (s.f.). *Bienvenidos a Proviento.* Recuperado el 22 de Octubre de 2014, de www.proviento.com

- Rada, V. D. (2001). *DISEÑO Y ELABORACIÓN DE CUESTIONARIOS PARA A INVESTIGACIÓN COMERCIAL*. Madrid, España: ESIC EDITORIAL.
- Ricardo, B. (2009). *Diseño y Construcción de un sistema de bombeo de agua con la energía solar fotovoltaica para el laboratorio de energías renovables del DECEM*.
- Rivera, D. S. (2008). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* . Shalom.
- Sanz, J. (2012). *Nomada Q*. Obtenido de SolaRoad generando energía solar con el uso de la bici: <http://nomadaq.blogspot.com/2011/02/solaroad-generando-energia-solar-con-el.html>
- TECHNOLOGY, G. W. (s.f.). *Bomba centrífuga/ de pulverización / de agua/ con motor diésel*. Recuperado el 29 de Octubre de 2014, de <http://www.directindustry.es/prod/goulds-pumps/bombas-centrifugas-motor-electrico-motor-diesel-agua-14176-1206925.html>
- Unicrom, E. (s.f.). *Bienvenidos a la Electrónica Unicrom*. Recuperado el 26 de Octubre de 2014, de <http://www.unicrom.com/>
- UTC. (s.f.). *Universidad Técnica de Cotopaxi*. Obtenido de <http://www.utc.edu.ec/>

BIBLIOGRAFÍAS CONSULTADAS:

- Alexandra, B. V. (2012). *Diseño y Construcción de un prototipo de un sistema de bombeo de agua utilizando energía Fotovoltaica*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- CHAVEZ GUERRERO Mónica Alejandra. “*Proyecto de Factibilidad para el uso de paneles solares en generación fotovoltaica de electricidad en el complejo habitacional (San Antonio) de Riobamba durante el periodo 2011-2012*”. Director: Ing. Rodolfo Santillán. Riobamba-Ecuador Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2012.
- Daniel, B. (2012). *Diseño y Construcción de un prototipo de un sistema de bombeo de agua utilizando energía Fotovoltaica*.
- MÉNDEZ ÁLVAREZ, Carlos Eduardo. Metodología “Diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales”. *Cuarta Edición Grupo Noriega editorial LIMUSA, S.A De C.V México: D.F, 2010.* p. 92
- RAMOS Marco P y BÁEZ RIVERA, D. F. (2014). *Diseño y construcción de un sistema de riego por aspersión en una demostrativa en el cantón Cevallos*. Riobamba: Universidad Politécnica Salesiana.
- RAMOS RAMOS, Marco P y BÁEZ RIVERA, Darío F. “*Diseño y construcción de un sistema de riego por aspersión en una demostrativa en el cantón CEVALLOS durante el periodo 2012-2013*”. Director: ING Marco Santillán. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, 2014.
- Ricardo, B. y. (2009). *Diseño y Construcción de un sistema de bombeo de agua con la energía solar fotovoltaica para el laboratorio de energías renovables del DECEM*. Sangolqui: Espe-2009.
- VÁSCONES CUZCO, J. C. (2013). *Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica para una finca ubicado en el sector popular de BALERIO durante el periodo 2012-2013*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- VILORIA, José Roldán. “Automatismos Industriales”. *Primera Edición Paraninfo*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo, 2011. p.208

LINOGRAFÍA

- Alibaba.com*. (s.f.). Recuperado el 29 de Octubre de 2014, de de una sola fase del motor eléctrico para bombas de agua: <http://spanish.alibaba.com/product-gs-img/de-una-sola-fase-del-motor-el-ctrico-para-bombas-de-agua-513293279.html>
- Ambiente, E. R. (s.f.). *Energia Renovables y Ambiente*. Recuperado el 09 de Octubre de 2014, de <http://fuentesrenovables.blogspot.com/2008/11/clulasfotovoltaiicas.html>
- Ana, G. (2012). *Paneles Solares*.
- Andres, Y. L. (2006). *Energia Solar*.
- ARDILA Fátima, C. O. (2011). *Automatización de un sistema de riego en invernadero para la producción de cultivos en el campo experimental*. Manabí.
- Baterias de Sistemas Fotovoltaicos*. (s.f.). Recuperado el 20 de Octubre de 2014, de <http://www.energiasrenovables hoy.net/2011/09/baterias-de-sistemas-fotovoltaiicos.html>
- Bombeo fotovoltaico*. (s.f.). Recuperado el 29 de Octubre de 2014, de Esquema de una instalacion típica de un sistema FV de bombeo de agua: http://solar.nmsu.edu/wp_guide/bombeo.html
- Bonanza, C. (2010). *EcoPotencia*. Obtenido de Energhia Elèctrica Ecològica: <http://www.ecopotencia.com/incidencia.html>
- BUDYNA, R. G. (2008). *Diseño de Ingeniería Mecánica*. México: Mc. Graw Hill.
- canarias, G. d. (s.f.). *INSTALACIONES DE ENERGIAS RENOVABLES*. Recuperado el 22 de Octubre de 2014, de *INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS*: <http://www.gobiernodecanarias.org/industria/guia/FOTOVOLTAICA/Guia%20Fotovoltaiica%20Final.html>
- Capacitancia en el MONSFET*. (s.f.). Recuperado el 01 de Noviembre de 2014, de <http://www.geekfactory.mx>
- Características de Corriente -Voltaje de un Modulo Fotovoltaico*. (s.f.). Recuperado el 15 de Octubre de 2014, de http://www1.uprag.edu/uploads/ELEC/Caracteristica__Corriente.pdf
- Celdas Solares*. (03 de Junio de 2007). Obtenido de ¿Que son las celdas solares?: <https://trauko.wordpress.com/2007/06/03/celdas-solares/>
- CERVERA, D. R. (2003). *MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EN RELACIONES INTERNACIONALES*. MADRID.

- Daniel, B. (2012). *Diseño y Construcción de un prototipo de un sistema de bombeo de agua utilizando energía Fotovoltaica*.
- Electricidad Gratuita*. (s.f.). Recuperado el 26 de Octubre de 2014, de Dimensiones de los Cables eléctricos para paneles Solares:
<http://www.electricidad-gratuita.com/cables-electricos-d5.html>
- Electricidad, C. C. (Agosto de 2008). *ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA*. Obtenido de Corporación para la investigación Energetica:
http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf
- Energía fotovoltaica*. (s.f.). Recuperado el 02 de Octubre de 2014, de El recurso solar: http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html#top
- Formulas fotovoltaica*. (15 de Junio de 2012). Obtenido de SlideShare:
http://es.slideshare.net/fepafu/formulas-fotovoltaica?next_slideshow=2
- GARCIA, M. D. (s.f.). *EL GENERADOR FOTOVOLTAICO*. Recuperado el 18 de Octubre de 2014, de Modulo: Energía Solar Fotovoltaica:
http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45315/componente45313.pdf
- INDUSTRIALES, I. E. (s.f.). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA*. Obtenido de TABLEROS ELECTRICOS:
<http://es.scribd.com/doc/16155171/tableros-electricos>
- Ingemécánica. (s.f.). *Filtración, Humidificación*. Obtenido de Cálculo de una Instalación: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn207.html>
- Jardineria.pro tu blog de jardineria*. (s.f.). Recuperado el 01 de Noviembre de 2014, de Filtración, Humidificación:
<http://www.jardineria.pro/varios/aspersion-sistema-de-riego/>
- José, Y. (2009). *Energía renovable*.
- Martinez, I. E. (2009). Lectura de texto científico. *Estrategias para perfeccionar comprensión en escolares de quinto grado*, 10.
- Maya, E. (2014). *Métodos y Técnicas de Investigación*. México: 978-97032-5432-3.
- Melesio, U. S. (2006). *Desarrollo de sistema de ahorro en energía en sistemas de desinfección de agua mediante el uso de energía solar*. Puebla - México.
- Mery, M. (2011). *Sistema de Riego por aspersión*.
- Paneles Fotovoltaicos*. (2015). Recuperado el 05 de Octubre de 2014, de PANEL SOLAR FOTOVOLTAICA.
- Paz, H. G. (2000). *INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA* (1° ed.). Quito, Ecuador: Abya- Yala.

- PROViento. (s.f.). *Bienvenidos a Proviento*. Recuperado el 22 de Octubre de 2014, de www.proviento.com
- Rada, V. D. (2001). *DISEÑO Y ELABORACIÓN DE CUESTIONARIOS PARA A INVESTIGACIÓN COMERCIAL*. Madrid, España: ESIC EDITORIAL.
- RAMOS Marco P y BÁEZ RIVERA, D. F. (2014). *Diseño y construcción de un sistema de riego por aspersión en una demostrativa en el cantón Cevallos*. Riobamba.
- Ricardo, B. (2009). *Diseño y Construcción de un sistema de bombeo de agua con la energía solar fotovoltaica para el laboratorio de energías renovables del DECEM*.
- Rivera, D. S. (2008). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. Shalom.
- Sanz, J. (2012). *Nomada Q*. Obtenido de SolaRoad generando energía solar con el uso de la bici: <http://nomadaq.blogspot.com/2011/02/solarroad-generando-energia-solar-con-el.html>
- TECHNOLOGY, G. W. (s.f.). *Bomba centrífuga/ de pulverización / de agua/ con motor diésel*. Recuperado el 29 de Octubre de 2014, de <http://www.directindustry.es/prod/goulds-pumps/bombas-centrifugas-motor-electrico-motor-diesel-agua-14176-1206925.html>
- Unicrom, E. (s.f.). *Bienvenidos a la Electrónica Unicrom*. Recuperado el 26 de Octubre de 2014, de <http://www.unicrom.com/>
- UTC. (s.f.). *Universidad Técnica de Cotopaxi*. Obtenido de <http://www.utc.edu.ec/>
- VÁSCONES CUZCO, J. C. (2012-2013). *Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica para una finca ubicado en el sector popular de BALERIO durante el periodo 2012-2013*.

ANEXOS

ANEXO 1: DIAGRAMA HIDRAÚLICO

ANEXO 2: CARÁTERISITICAS TÉCNICAS DE LA BATERÍA ULTRAGELL
UCG 100

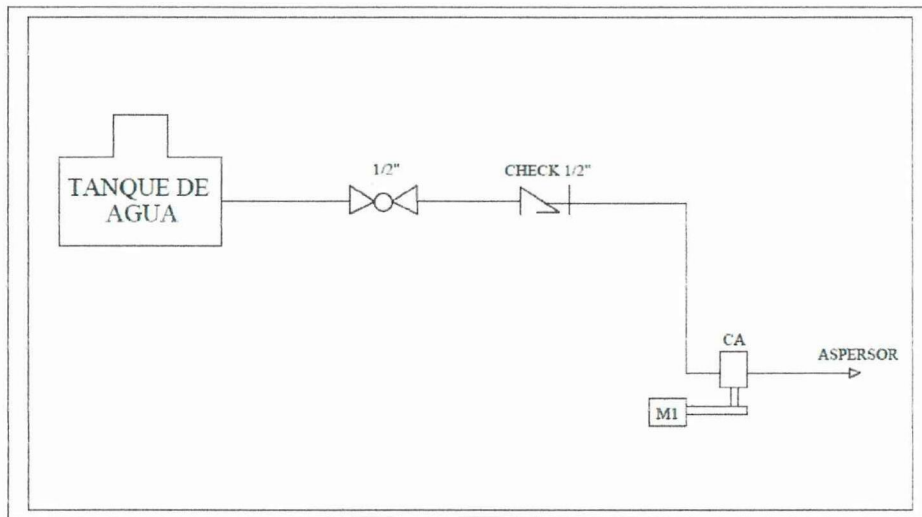
ANEXO 3: CARÁCTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL INVERSOR TIPO UPS

ANEXO 4: CARATERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONTROLADOR ProStart.

ANEXO 5: CARATERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PANEL FOTOVOLTAICO.

ANEXO 6: DATOS DE VOLTAJE Y CORRIENTE Y LA RADIACIÓN
PROMEDIO.

ANEXO 7: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.



Fuente: Grupo de Investigación

SPECIFICATIONS			
	Nominal Voltage	12V	
	Nominal Capacity (10HR)	100AH	
Terminal Type	Standard Terminal	F10	
	Optional terminal	F11	
Container Material	Standard Option	ABS	
	Flame Retardant Option (FR)	abs (UL94:VO)	
Rated Capacity	96.0 AH/4.80A	(20HR, 1.80V/cell, 25°C/77°F)	
	90.0 AH/9.00A	(10HR, 1.80V/cell, 25°C/77°F)	
	80.0 AH/16.0A	(5HR, 1.75V/cell, 25°C/77°F)	
	69.6 AH/23.2A	(3HR, 1.75V/cell, 25°C/77°F)	
	55.0 AH/55.0A	(1HR, 1.60V/cell, 25°C/77°F)	
Máx Discharge Current	1000A (5s)		
Internal Resistance	Approx 5.5 mΩ		
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -20~55°C(-4~131°F)	
		Charge: 0~40°C(32~104°F)	
		Storage: -20~50°C(-4~122°F)	
	Nominal Operating Temp. Range	25±3°C (77±5°F)	
	Cycle Use	Initial Charging Current less than 25.0A Voltage	
		14.4V - 15.0V at 25°C(77°F)Temp. Coefficient -20mV/°C	
	Standby Use	No limit on initial Charging Current Voltage	
13.5V~13.8V at 25°C(77°F) Temp. Coefficient -20mV/°C			
Capacity affected by Temperature	40°C (104°F)	103%	
	25°C (77°F)	100%	
	0°C (32°F)	86%	
Design Floating Life at 20°C	15 years		

Fuente: <http://www.proviento.com.pe/UCG100-12.pdf>

Fecha 02/03/2015 Hora 09:00am

Anexo 3	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL INVERSOR TIPO UPS	Pág. 1 De 1																																																														
<table border="0"> <tr> <td data-bbox="316 741 550 772">General specification</td> <td data-bbox="791 741 911 772">Power star</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 786 512 817">Input Wave form:</td> <td data-bbox="791 786 1102 817">Sine wave(Utility or Generator)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 817 512 848">Nominal voltage:</td> <td data-bbox="855 817 1187 848">120VAC 230VAC</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 848 496 880">Low voltage trip:</td> <td data-bbox="855 848 1225 880">90v ± 4% 184v/154v ± 4%</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 880 568 911">Low voltage re engage:</td> <td data-bbox="855 880 1225 911">100v ± 4% 194v/164v ± 4%</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 911 504 943">High voltage trip:</td> <td data-bbox="855 911 1198 943">140v ± 4% 253v ± 4%</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 943 572 974">High voltage re engage:</td> <td data-bbox="855 943 1198 974">135v ± 4% 243v ± 4%</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 974 552 1005">Max input AC voltage:</td> <td data-bbox="855 974 1187 1005">150VAC 270VAC</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1005 587 1037">Nominal input frequency:</td> <td data-bbox="791 1005 1070 1037">50Hz or 60Hz (Auto detect)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1037 464 1068">Low freq trip:</td> <td data-bbox="791 1037 1102 1068">47 Hz for 50 Hz, 57Hz for 60Hz</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1068 464 1099">High freq trip:</td> <td data-bbox="791 1068 1102 1099">55 Hz for 50 Hz, 65 Hz for 60Hz</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1099 512 1131">Output wave form:</td> <td data-bbox="791 1099 1098 1131">(Bypass mode) same as input</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1131 539 1162">Overload protection:</td> <td data-bbox="791 1131 943 1162">Circuit breaker</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1162 576 1193">Short circuit protection:</td> <td data-bbox="791 1162 943 1193">Circuit breaker</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1193 560 1225">Transfer switch rating:</td> <td data-bbox="791 1193 983 1225">30 amp or 40 amp</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1225 667 1256">Efficiency on line transfer mode:</td> <td data-bbox="791 1225 855 1256">95%+</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1256 512 1288">Line transfer time:</td> <td data-bbox="791 1256 951 1288">10 ms Typical</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1288 692 1319">Bypass without battery connected:</td> <td data-bbox="791 1288 839 1319">Yes</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1319 539 1350">Max bypass current:</td> <td data-bbox="791 1319 983 1350">30 amp or 40 amp</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1350 596 1382">Bypass over load current:</td> <td data-bbox="791 1350 1054 1382">35 amp or 45 amp Alarm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1382 639 1413">Inverter specification / output</td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1413 512 1444">Output wave form:</td> <td data-bbox="791 1413 1155 1444">Pure sine wave or quasi sine wave</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1444 651 1476">Output continuous power watts:</td> <td data-bbox="791 1444 1214 1476">1000 2000 3000 4000 5000 6000</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1476 624 1507">Output continuous power VA:</td> <td data-bbox="791 1476 1214 1507">1000 2000 3000 4000 5000 6000</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1507 464 1538">Power factor:</td> <td data-bbox="791 1507 871 1538">0.9-1.0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1538 624 1570">Nominal output voltage rms:</td> <td data-bbox="791 1538 935 1570">120/230VAC</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1570 603 1601">Output voltage regulation:</td> <td data-bbox="791 1570 919 1601">+/- 10% rms</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1601 512 1632">Output frequency:</td> <td data-bbox="791 1601 1110 1632">50Hz ± 0.3Hz or 60Hz ± 0.3Hz</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1632 528 1664">Nominal efficiency:</td> <td data-bbox="791 1632 855 1664">>88%</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1664 472 1695">Surge ratings:</td> <td data-bbox="791 1664 1222 1695">3000 6000 9000 12000 15000 18000</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1695 576 1727">Short circuit protection:</td> <td data-bbox="791 1695 1027 1727">Yes, fault after 10 secs</td> </tr> </table>			General specification	Power star	Input Wave form:	Sine wave(Utility or Generator)	Nominal voltage:	120VAC 230VAC	Low voltage trip:	90v ± 4% 184v/154v ± 4%	Low voltage re engage:	100v ± 4% 194v/164v ± 4%	High voltage trip:	140v ± 4% 253v ± 4%	High voltage re engage:	135v ± 4% 243v ± 4%	Max input AC voltage:	150VAC 270VAC	Nominal input frequency:	50Hz or 60Hz (Auto detect)	Low freq trip:	47 Hz for 50 Hz, 57Hz for 60Hz	High freq trip:	55 Hz for 50 Hz, 65 Hz for 60Hz	Output wave form:	(Bypass mode) same as input	Overload protection:	Circuit breaker	Short circuit protection:	Circuit breaker	Transfer switch rating:	30 amp or 40 amp	Efficiency on line transfer mode:	95%+	Line transfer time:	10 ms Typical	Bypass without battery connected:	Yes	Max bypass current:	30 amp or 40 amp	Bypass over load current:	35 amp or 45 amp Alarm	Inverter specification / output		Output wave form:	Pure sine wave or quasi sine wave	Output continuous power watts:	1000 2000 3000 4000 5000 6000	Output continuous power VA:	1000 2000 3000 4000 5000 6000	Power factor:	0.9-1.0	Nominal output voltage rms:	120/230VAC	Output voltage regulation:	+/- 10% rms	Output frequency:	50Hz ± 0.3Hz or 60Hz ± 0.3Hz	Nominal efficiency:	>88%	Surge ratings:	3000 6000 9000 12000 15000 18000	Short circuit protection:	Yes, fault after 10 secs
General specification	Power star																																																															
Input Wave form:	Sine wave(Utility or Generator)																																																															
Nominal voltage:	120VAC 230VAC																																																															
Low voltage trip:	90v ± 4% 184v/154v ± 4%																																																															
Low voltage re engage:	100v ± 4% 194v/164v ± 4%																																																															
High voltage trip:	140v ± 4% 253v ± 4%																																																															
High voltage re engage:	135v ± 4% 243v ± 4%																																																															
Max input AC voltage:	150VAC 270VAC																																																															
Nominal input frequency:	50Hz or 60Hz (Auto detect)																																																															
Low freq trip:	47 Hz for 50 Hz, 57Hz for 60Hz																																																															
High freq trip:	55 Hz for 50 Hz, 65 Hz for 60Hz																																																															
Output wave form:	(Bypass mode) same as input																																																															
Overload protection:	Circuit breaker																																																															
Short circuit protection:	Circuit breaker																																																															
Transfer switch rating:	30 amp or 40 amp																																																															
Efficiency on line transfer mode:	95%+																																																															
Line transfer time:	10 ms Typical																																																															
Bypass without battery connected:	Yes																																																															
Max bypass current:	30 amp or 40 amp																																																															
Bypass over load current:	35 amp or 45 amp Alarm																																																															
Inverter specification / output																																																																
Output wave form:	Pure sine wave or quasi sine wave																																																															
Output continuous power watts:	1000 2000 3000 4000 5000 6000																																																															
Output continuous power VA:	1000 2000 3000 4000 5000 6000																																																															
Power factor:	0.9-1.0																																																															
Nominal output voltage rms:	120/230VAC																																																															
Output voltage regulation:	+/- 10% rms																																																															
Output frequency:	50Hz ± 0.3Hz or 60Hz ± 0.3Hz																																																															
Nominal efficiency:	>88%																																																															
Surge ratings:	3000 6000 9000 12000 15000 18000																																																															
Short circuit protection:	Yes, fault after 10 secs																																																															
<p align="center">Fuente: http://www.proviento.com. Fecha 02/03/2015 Hora 14:00pm</p>																																																																

Versiones del ProStar:

	PS-15	PS-30	PS15M-48V
Corriente nominal del panel solar	15A	30A	15A
Corriente nominal de carga	15A	30A	15A
Tensión del sistema	12/24V	12/24V	48V
Opciones:			
Medidor digital	si	si	estándar
Tierra positiva	no	si	si
Sensor remoto de temperatura	si	si	si

Puntos de Ajuste de La Batería*

	Gel	Sellada	Con liquido
Tensión de regulación	14,0	14,15	14,4
Flotante	13,7	13,7	13,7
Ecuilización	n/a	14,35	14,9/15,1
Deconexión de la carga	11,4	11,4	11,4
Reconexión de la carga	12,6	12,6	12,6

Observación: los valores están especificados para 12V.

Use 2X para 24V e 4X para 48V.

Especificaciones Eléctricas:

	12V	24V	48V
Compensación de temperatura (mV/°C)*	-30mV	-60mV	-120mV
Precisión	40mV	60mV	80mV
Minima temperatura de operación	8V	8V	15V
Autoconsumo	22mA	25mA	28mA
Coefficiente de corriente LVD**	-20mV	-40mV	-80mV
Algoritmo de carga	PWM, tensión constante		
Temperatura de operación	-40°C a +60°C		
Visor digital:			
Temperatura de funcionamiento	-30°C a +85°C		
Precisión de la tensión	0,5%		
Precisión de corriente	2,0%		
Autoconsumo	1 mA		

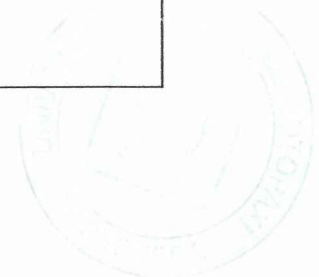
* Referencia 25°C

** por ampere de carga

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

Fecha 02/03/2015 Hora 21:00pm

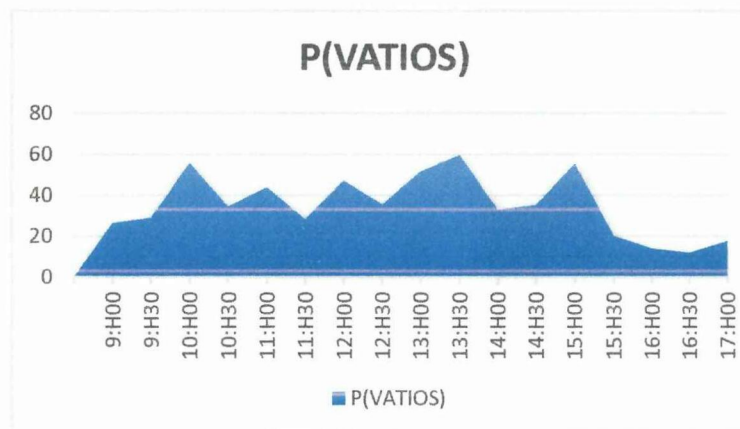
Anexo 5	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PANEL FOTOVOLTAICO	Pág. 1 De 1
Modelo	SP636-140	
Rated Maximun Power (Pm)	140w	
Tolerance	0~+3%	
Voltage at Pmax (Vmp)	17.8V	
Current at Pmax (Imp)	7.87A.	
Open-Circuit Voltage (Voc)	21.8V	
Short-Circuit Current (Isc)	8,56V	
Nominal Operating Cell Temp (NOCT)	47±2°C	
Maximum Series Fuse Rating	10A	
Operating Tempature	-40°C+85°C	
Application Class	A	
Cell Technology	POLY-Si	
Weight	12kg	
Dimensions (mm)	1476x676x35	
Fuente: www.proviento.com Fecha 02/03/2015 Hora 10:00am		



18/10/2013

HORAS	TEMPERATURA		MEDIDAS		P(VATIOS)	TOTAL POTENCIA DE 1 HORA	TOTAL PROMEDIO DE 1 HORA
	MÁXIMO	MÍNIMO	I (AMPERIO)	V (VOLTIO)			
9:H00	23,5 °C	8,5 °C	2,14	12,46	26,66	111,71	37,2392
9:H30	23,5 °C	8,5 °C	2,32	12,52	29,04		
10:H00	23,5 °C	8,5 °C	4,41	12,7	56	134,68	44,8935
10:H30	23,5 °C	8,5 °C	2,82	12,3	34,68		
11:H00	23,5 °C	8,5 °C	3,45	12,75	43,98	119,5	39,8358
11:H30	23,5 °C	8,5 °C	2,27	12,43	28,21		
12:H00	23,5 °C	8,5 °C	3,65	12,96	47,3	134,48	44,8269
12:H30	23,5 °C	8,5 °C	2,91	12,19	35,47		
13:H00	23,5 °C	8,5 °C	4,11	12,58	51,7	144,71	48,2377
13:H30	23,5 °C	8,5 °C	4,81	12,44	59,83		
14:H00	23,5 °C	8,5 °C	2,61	12,71	33,17	124,18	41,3953
14:H30	23,5 °C	8,5 °C	2,87	12,34	35,41		
15:H00	23,5 °C	8,5 °C	4,28	12,99	55,59	90,07	30,0237
15:H30	23,5 °C	8,5 °C	1,61	12,59	20,26		
16:H00	23,5 °C	8,5 °C	1,13	12,57	14,2	36,91	12,3035
16:H30	23,5 °C	8,5 °C	0,98	12,25	12,05		
17:H00	23,5 °C	8,5 °C	0,85	12,59	17,7		
TOTAL						896,24	298,75
HORAS PICO SOLAR							2,98
RADIACIÓN PROMEDIO HSP/(1000 W/m2)							372,5

GRAFICA ESTADISTICA

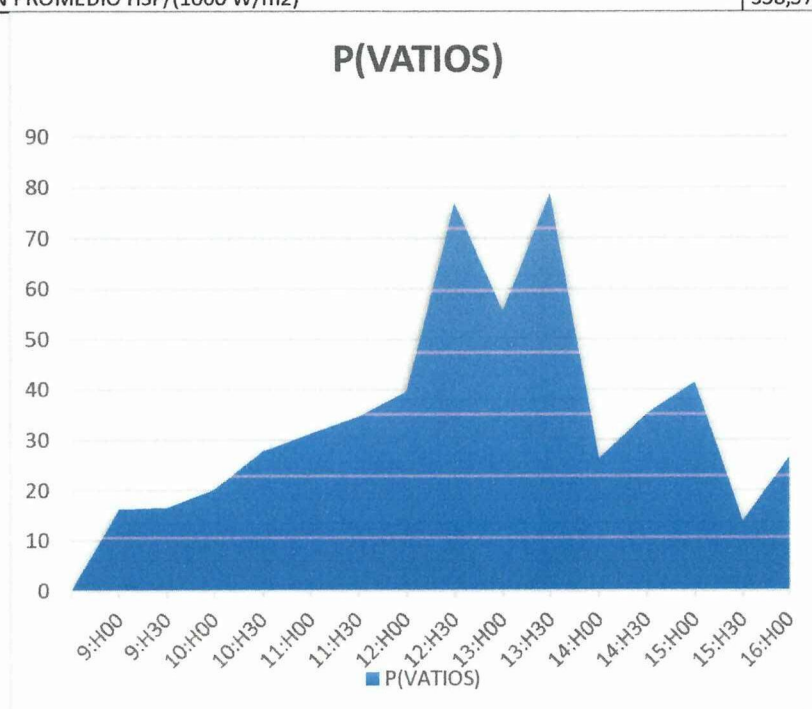


Elaborado por: Grupo de Investigación

DATOS DE VOLTAJE, CORRIENTE Y LA RADIACIÓN PROMEDIO

19/10/2013

HORAS	TEMPERATURA		MEDIDAS		P(VATIOS)	TOTAL POTENCIA DE 1 HORA	TOTAL PROMEDIO DE 1 HORA
	MÁXIMO	MÍNIMO	I (AMPERIO)	V (VOLTIO)			
9:H00	22,8 °C	8,6 °C	1,34	12,19	16,3346	53,029	17,6763
9:H30	22,8 °C	8,6 °C	1,35	12,25	16,5375		
10:H00	22,8 °C	8,6 °C	1,67	12,07	20,1569	79,307	26,4356
10:H30	22,8 °C	8,6 °C	2,28	12,22	27,8616		
11:H00	22,8 °C	8,6 °C	2,55	12,27	31,2885	105,6047	35,2015
11:H30	22,8 °C	8,6 °C	2,76	12,58	34,7208		
12:H00	22,8 °C	8,6 °C	3,14	12,61	39,5954	172,2079	57,4026
12:H30	22,8 °C	8,6 °C	5,56	13,85	77,006		
13:H00	22,8 °C	8,6 °C	4,05	13,73	55,6065	160,8771	53,6257
13:H30	22,8 °C	8,6 °C	6,32	12,48	78,8736		
14:H00	22,8 °C	8,6 °C	2,1	12,57	26,397	103,0928	34,3642
14:H30	22,8 °C	8,6 °C	2,76	12,75	35,19		
15:H00	22,8 °C	8,6 °C	3,22	12,89	41,5058	81,8787	27,2929
15:H30	22,8 °C	8,6 °C	1,09	12,73	13,8757		
16:H00	22,8 °C	8,6 °C	2,13	12,44	26,4972		
TOTAL						755,9972	251,9988
HORAS PICO SOLAR							2,51
RADIACIÓN PROMEDIO HSP/(1000 W/m2)							358,5714

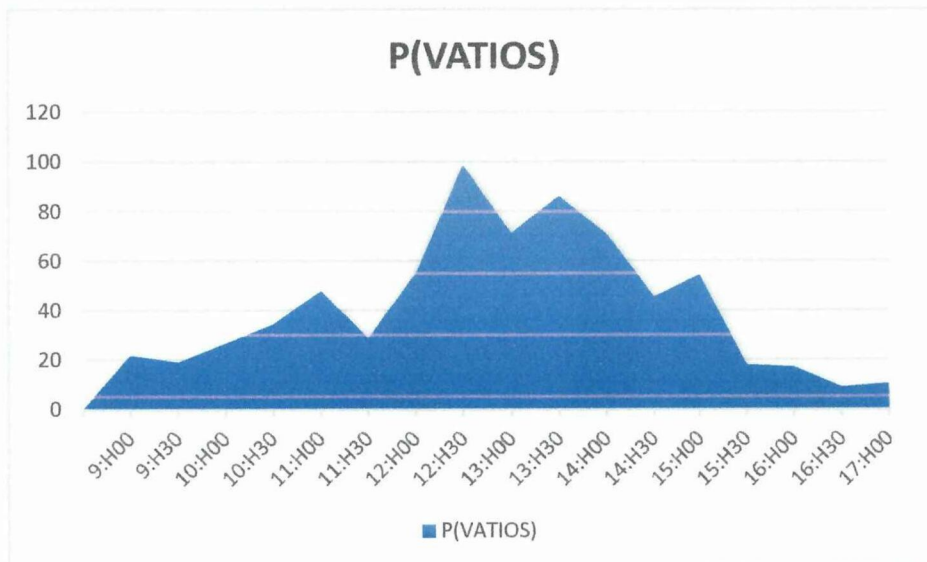


Elaborado por: Grupo de Investigación

DATOS DE VOLTAJE, CORRIENTE Y LA RADIACIÓN PROMEDIO

25/10/2013

HORAS	TEMPERATURA		MEDIDAS		P(VATIOS)	TOTAL POTENCIA DE 1 HORA	TOTAL PROMEDIO DE 1 HORA
	MÁXIMO	MÍNIMO	I (AMPERIO)	V (VOLTIO)			
9:H00	22,1 °C	10,4 °C	1,78	12,21	21,7338	67,389	12,463
9:H30	22,1 °C	10,4 °C	1,54	12,29	18,9266		
10:H00	22,1 °C	10,4 °C	2,14	12,49	26,7286	108,8497	3
10:H30	22,1 °C	10,4 °C	2,78	12,36	34,3608		
11:H00	22,1 °C	10,4 °C	3,61	13,23	47,7603	131,5085	4
11:H30	22,1 °C	10,4 °C	2,28	12,66	28,8648		
12:H00	22,1 °C	10,4 °C	4,18	13,13	54,8834	224,90889	74,9696
12:H30	22,1 °C	10,4 °C	6,65	14,85	98,7525		
13:H00	22,1 °C	10,4 °C	5,26	13,55	71,273	228,5718	76,1906
13:H30	22,1 °C	10,4 °C	6,23	13,84	86,2232		
14:H00	22,1 °C	10,4 °C	5,48	12,97	71,0756	170,8962	56,9654
14:H30	22,1 °C	10,4 °C	3,76	12,08	45,4208		
15:H00	22,1 °C	10,4 °C	4,27	12,74	54,3998	86,844	28,948
15:H30	22,1 °C	10,4 °C	1,45	12,33	17,8785		
16:H00	22,1 °C	10,4 °C	1,33	12,89	17,1437	34,0361	11,3453
16:H30	22,1 °C	10,4 °C	0,7	12,85	8,995		
17:H00	22,1 °C	10,4 °C	0,79	13,26	10,4754		
TOTAL						1053,00419	341,0012
HORAS PICO SOLAR							3,51
RADIACIÓN PROMEDIO HSP/(1000 W/m2)							438,75



Elaborado por: Grupo de Investigación

ANEXO 7:
MANUAL DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO

INTRODUCCIÓN

Este manual de operaciones presenta las características técnicas, principios de operación y mantenimiento seguro, inspección, reparación y otros aspectos del **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO” PARA UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMÁTICO POR ASPERSIÓN PARA LOS ESPACIOS VERDES DEL CAMPUS SAN FELIPE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”**

La lectura y comprensión de este manual ayudará a maximizar el rendimiento y la confiabilidad, así como a minimizar los daños, la operación inadecuada y los costos de operación.

Todas las descripciones, ilustraciones y especificaciones del sistema que se encuentran en este manual estuvieron vigentes al momento de imprimir este manual. Deberá tomarse en cuenta que el grupo de **TESISTAS** se reserva el derecho de hacer los cambios en el diseño o de hacer adicionales mejoras al sistema sin imponerse ninguna obligación por instalarlos en los sistemas previamente fabricados.

SEGURIDAD

Toda persona involucrada con la operación, mantenimiento, inspección y reparación del Sistema solar fotovoltaico, **DEBE LEER** y **COMPRENDER** este manual de operación y mantenimiento.

- Utilice sólo personal calificado, entrenado para la utilización, mantenimiento, inspección y reparación en forma segura de motores, tableros de control y sistemas fotovoltaicos.
- Contacte a l grupo de Tesistas cuando requiera asistencia.
- Las características primordiales y de seguridad nunca deben modificarse, desconectarse o eliminarse.
- Mantenga libre el área de trabajo.
- No utilice la herramienta para propósitos no establecidos en su diseño.
- Vigile lo que está haciendo, utilice el sentido común. NO utilice el equipo bajo influencia de cualquier sustancia alterante.



Elaborado por: Grupo de investigación



Elaborado por: Grupo de investigación

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema solar fue diseñado para el riego de las áreas verdes de la Universidad Técnica de Cotopaxi; y está construido bajo estudios y normativas técnicas vigentes, con materiales de alta calidad, respetando el medio ambiente.

Este sistema cuenta con una entrada de $\frac{3}{4}$ OD de pulgada, por donde sale el fluido almacenada en el tanque, seguido de esto se empieza a elevar la presión de todo el sistema, hasta alcanzar la presión de operación 15 psi. A continuación, el fluido es direccionado a través de una manguera de $\frac{1}{2}$ OD de pulgada para ingresar a un cabezal de bomba es impulsado y descargado a presión a los aspersores mediante de una manguera de $\frac{1}{2}$ OD.

Adicional cuenta con un sistema eléctrico, que consiste en un panel fotovoltaico, regulador de carga, inversor y tablero de control de distribución para el motor eléctrico de la bomba.

Es importante considerar que todo el sistema, se encuentra correctamente aterrizado, evitando accidente por descargas eléctricas. El panel fotovoltaico y el tanque de almacenamiento de agua están ubicados sobre soportes metálicos en superficies niveladas y estructuralmente resistentes.

OPERACIÓN

Para iniciar la operación correcta del sistema solar, se deberá constatar que todo el sistema esté correctamente instalado, baterías cargadas y empaquetado (mangueras llenas de fluido y sin presencia de aire) desde el tanque de almacenamiento hasta la succión del cabezal de bomba y todas las protecciones de la bomba en el tablero eléctrico de control estén activas.

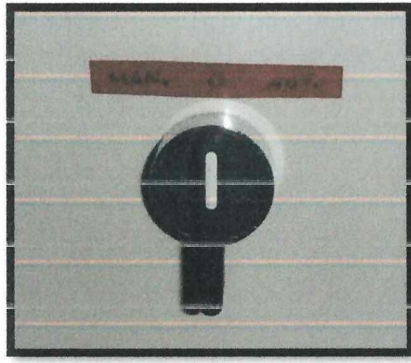
A continuación se deberán ejecutar las siguientes acciones:

- Verificar en el controlador solar el estado de carga de la batería (debe estar encendido led verde para el arranque de lo contrario esperar a que se cargue la batería)



Elaborado por: Grupo de investigación

- En el tablero de control TC-01 ubicar el selector en modo manual si se desea regar en ese momento el área verde, de lo contrario ubicar en Automático para que cumpla con el siguiente horario (5am por 15min y 10 pm por 15 min)



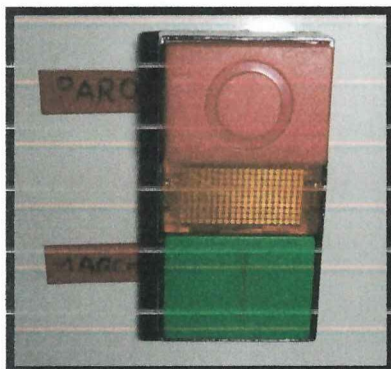
Elaborado por: Grupo de investigación

- Proceder a verificar que la válvula de 1/2" de la salida del tanque de almacenamiento de agua este abierta.



Elaborado por: Grupo de investigación

- Presionar el pulsador de **MARCHA (verde)** para encender el sistema.



Elaborado por: Grupo de investigación

MANTENIMIENTO

Antes de realizar cualquier trabajo en el equipo o en el sistema, se debe desenergizar, despresurizar y drenar el fluido existente. Es necesario utilizar todo el equipo de protección personal requerido.

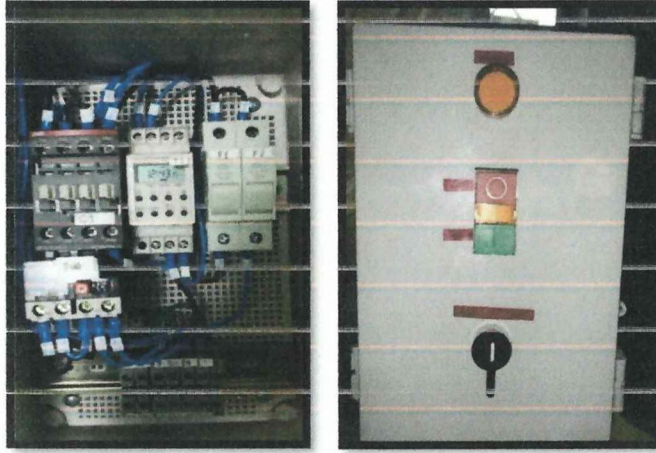
LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS

PROBLEMA	POSIBLE CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA
La bomba no arranca	batería descargada	Esperar carga de batería, verificar en el controlador led's de estado de batería
	Abierto el breaker de protección	Colocar en posición ON el breaker
	Cables flojos	reajustar los cables en la bornera
	Actuó relé térmico	Resetear relé térmico
La bomba no ceba	La bomba está bloqueada por aire	Purgar el agua de las mangueras.
	La válvula del tanque está tapado con material extraño	Desensamble, inspeccione, limpie
Fugas de Agua	la tuerca del accesorio o acople está floja	reposicione y apriete la tuerca
	deterioro de teflón de las uniones roscadas	Desensamble la unión y recmplacc el teflón.

Elaborado por: Grupo de investigación

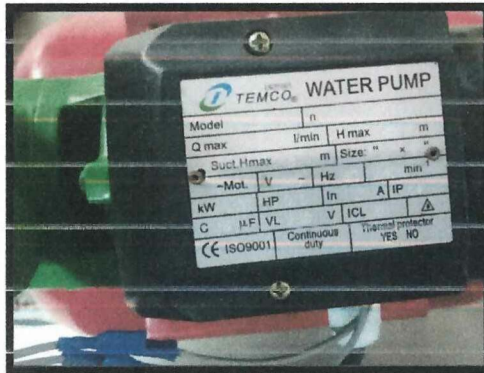
ANEXOS

TABLERO DE CONTROL



Elaborado por: Grupo de investigación

BOMBA DE AGUA



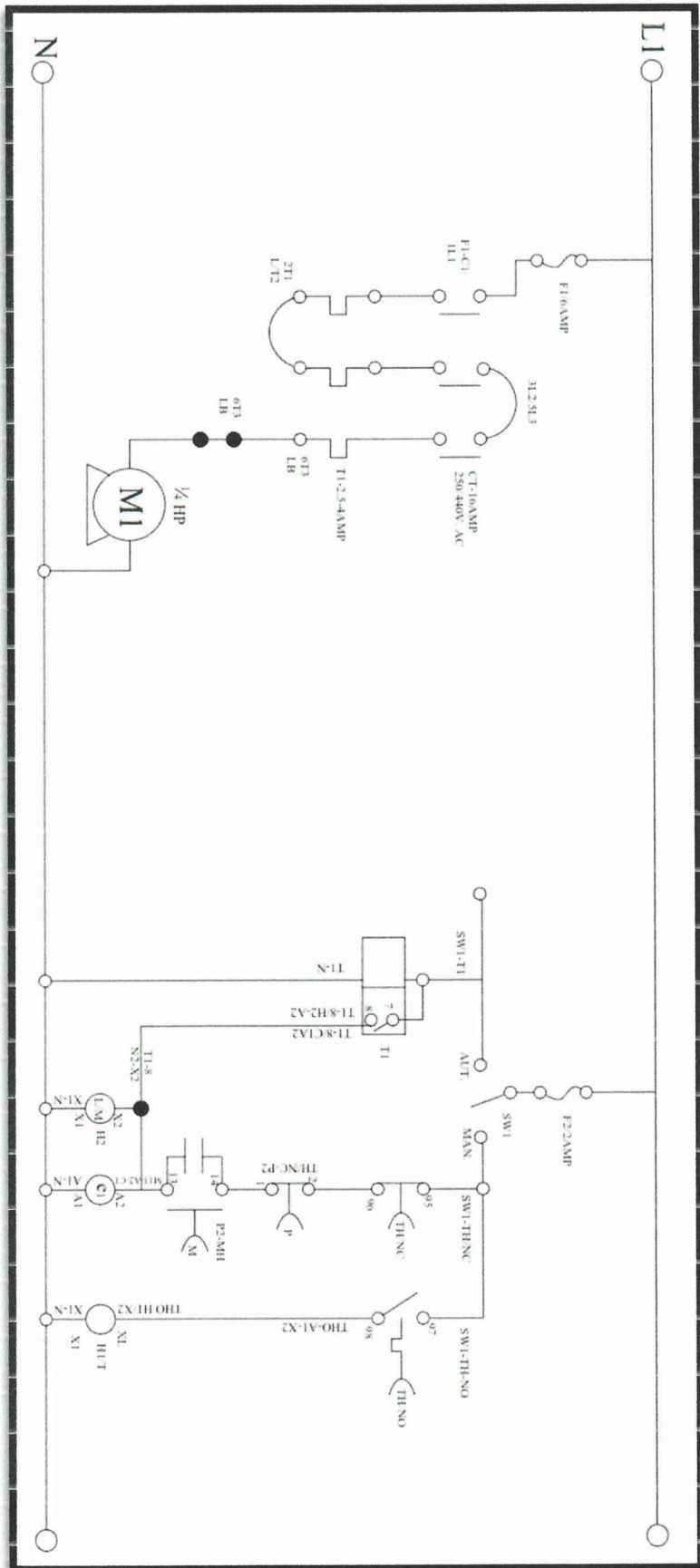
Elaborado por: Grupo de investigación

TANQUE DE AGUA



Elaborado por: Grupo de investigación

DIAGRAMA DE CONEXIÓN



Elaborado por: Grupo de investigación.